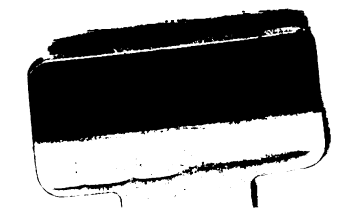


WENDT




UNIVERSITY OF WISCONSIN
No. 94
ENGINEERING LIBRARY.



Die

Neuesten Fortschritte

über

Dampfkessel-Anlagen.

Insbesondere über die

Gas- oder Generator-Kesselfeuerungen,

nebst zahlreichen

Berichten über Betriebsversuche

und

Anleitung zur quantitativen chemischen Untersuchung der Verbrennungsgase mit verschiedenen gasometrischen Apparaten,

für

Betriebsbeamte und angehende Techniker

von

Ingenieur C. H. Thielmann.
Braunschweig.

Durch 154 Abbildungen erläutert.

Leipzig,
Karl Scholtze.
1882.

Bildet den II. Band zu des Verfassers „Handbuch über vollständige Dampfkessel-Anlagen“.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Vierter Abschnitt.

Fünfter Abschnitt.

Erster Abschnitt.

Dampfkessel-Feuerungs-Anlagen.

Durch die Verbindung einer Feuerungsanlage mit einem Dampfkessel bezwecken wir mittels der in dem Verbrennungsraum entwickelten Wärme Dampf zu erzeugen und diesen zu bestimmten Zwecken nutzbar zu machen, und zwar soll dies auf eine möglichst billige und wenig beschwerliche Weise erreicht werden.

Die Erzeugung der Wärme geschieht hier durch Verbrennung, welche, wie bekannt, in der innigen Vereinigung des Kohlenstoffes des Brennmaterials mit dem Sauerstoff der zugeführten Luft, also in einem chemischen Prozeß, besteht, wobei vorwiegend Kohlensäure und Kohlenoxydgas gebildet wird. Da nun der Sauerstoff jedoch mit etwa 79 Volumenprozenten Stickstoff verdünnt als atmosphärische Luft überall in beliebiger Menge vorhanden ist, so haben wir nur dafür zu sorgen, daß er in der richtigen Menge und unter den für die vollkommene Verbrennung günstigen Verhältnissen mit den Brennstoffen zusammentrifft. Da diese Vereinigung nur an den Berührungsflächen der mindestens auf die Entzündungstemperatur erwärmten Körper vor sich gehen kann, so werden die Kohlenoxydgase wegen ihrer großen und leicht beweglichen Berührungsflächen mit der atmosphärischen Luft mit Flamme brennen, Koks, Holzkohle und andere nichtflüchtige Heizstoffe aber haben eine verhältnismäßig kleine, nicht bewegliche Oberfläche, sie glühen, geben aber keine Flamme.

Haben wir nun ferner noch als gasförmige Brennstoffe Kohlenwasserstoffe, so werden diese durch die höhere Temperatur bekanntlich teilweise zersetzt in wasserstoffreichere Verbindungen, die sich mit dem vorhandenen Sauerstoff zunächst verbinden, und in schwerer brennbare Produkte unter Abscheidung von mehr oder weniger Kohlenstoff in feiner Verteilung, der eine noch höhere Entzündungstemperatur hat als die gasförmigen Zersetzungsprodukte. Ist nun entweder die Menge des zugeführten Sauerstoffs zur völligen Verbrennung unzureichend oder wird die Flamme unter die Entzündungstemperatur des abgeschiedenen Kohlenstoffs abgekühlt, so entweicht derselbe unverbrannt, die Flamme rußt.

Bekanntlich werden in den meisten Fällen die Kohlen in gewissen Zeiträumen auf das mehr oder weniger niedergebrannte Feuer geworfen; es entwickelt sich zuerst eine große Menge Leuchtgas, zu deren völliger Verbrennung die zugeführte Luft nicht ausreicht, sodaß Kohlenoxyd, auch wohl Kohlenwasserstoff, namentlich aber ausgeschiedener Kohlenstoff, Ruß, entweichen. Andererseits wird zum Erwärmen der Kohle und zur Entwickelung des Leucht-

gases Wärme verbraucht und dadurch das Gasgemenge teilweise unter die Entzündungstemperatur abgekühlt; die Rauchgase enthalten wieder Ruß, oft auch Kohlenoxyd und andere brennbare Gase. Dies tritt um so leichter ein, als unmittelbar vorher durch die teilweise bloßgelegte Rostfläche große Mengen Luft eintreten und den Feuerraum abkühlen. Die Leuchtgasentwickelung läßt allmählich nach, die Temperatur erhöht sich, die Rauchbildung hört auf und die zurückbleibenden Koke verbrennen ohne Flamme. — Der große Verlust an Brennmaterial, der durch das Entweichen unvollständig verbrannter Gase entsteht, ist allseitig bekannt; dazu kommt noch die Verunreinigung der Luft zum großen Schaden der Bevölkerung.

Die vollkommenste Verbrennung ist diejenige, aus welcher nur Kohlensäure resultiert; hierzu ist aber nicht allein eine hinreichende Menge atmosphärischer Luft, sondern auch eine genügend hohe Temperatur nötig. Es kann aber dies Ziel bei der gewöhnlichen Rostfeuerung nicht erreicht werden. Denken wir uns eine Rostfeuerung mit frischer und etwas hoher Beschickung, so finden wir in der unmittelbar über dem Roste befindlichen Zone als Verbrennungsprodukt Kohlensäure. Diese nimmt in der darüber befindlichen, ebenfalls noch glühenden Brennmaterialschicht ein weiteres Äquivalent Kohlenstoff auf, und es verbrennt dieses Kohlenoxyd, wenn dasselbe noch eine genügend hohe Temperatur hat, mit blauer Flamme zu Kohlensäure. Wie bereits oben dargelegt, sind aber in den meisten Fällen diese Kohlenoxydgase bei dem Durchströmen über die oberen Brennmaterialschichten soweit abgekühlt, und es fehlt ferner in dieser Zone der zum Verbrennen notwendige Sauerstoff, sodaß Kohlenoxydgas unverbrannt entweicht. Ist die neue Brennmaterialschüttung weiter heruntergebrannt, so tritt eine Periode ein, in welcher eine theoretisch richtige Verbrennung des Kohlenstoffes zu Kohlensäure annähernd erzielt wird. Bei einem noch weiteren Abbrennen des Brennmaterials behalten wir an denjenigen Stellen, an denen das Brennmaterial etwas angehäuft ist, zwar immer noch Kohlensäure als Verbrennungsprodukt, doch finden wir außerdem auf dem Rost, wie oben schon erwähnt, mehr oder weniger unbedeckte Stellen, durch welche atmosphärische Luft in großer Menge hindurchströmt und eine Abkühlung der Feuergase verursacht. Wir kämpfen also bei der gewöhnlichen Rostfeuerung fast ohne Unterbrechung auf der einen Seite mit Mangel an Sauerstoff und auf der andern mit einem Überschuß daran. Wenn nun auch durch einen geschickten Heizer diese Übelstände bis auf ein gewisses Minimum vermindert werden können, so kann doch behauptet werden, daß eine ökonomische Ausnutzung des Feuerungsmaterials, wie sie möglich ist, bei der gewöhnlichen Rostfeuerung nicht erreicht wird. Die Eigenschaft der Brennstoffe, nicht in ihrer festen Form zu verbrennen, ist für eine rationelle Wärmeerzeugung von den nachteiligsten Konsequenzen begleitet, die eine vollständige Verbrennung als unmöglich erscheinen lassen. Es ist eine bekannte Thatsache, daß selbst solche Stoffe, welche eine große chemische Verwandtschaft zu einander besitzen, in fester Form miteinander nicht in Verbindung zu bringen sind. Löst man solche Stoffe in Wasser auf oder bringt sie im luftförmigen Aggregatzustande zusammen, so findet die chemische Verbindung mit großer Intensität statt. Die Natur der Brennstoffe weist uns auf das Verfahren hin, welches wir einzuschlagen haben, um dieselben mit dem günstigsten Erfolge zu verbrennen, und dieses ist die Trennung der beiden Momente des Verbrennungsprozesses, also die Vergasung (Bildung des Kohlenoxydgases) und die darauf folgende Verbrennung desselben zu Kohlensäure-

gase, eine Methode, die eigentlich schon längst als **Generator-** oder **Gasfeuerung** in der Eisen- und Glasindustrie rühmlichst bekannt ist. Da diese als die Feuerung der Zukunft zu bezeichnen ist, so werden wir hier solche, welche bereits gute Resultate bei Dampfkesselanlagen geliefert haben, unter diesem Abschnitt beschreiben.

Die Gasfeuerung beruht auf dem Prinzip, daß die brennbaren Bestandteile der Brennmaterialien vor der eigentlichen Verbrennung durch Einwirkung der Hitze aus dem festen in den gasförmigen Zustand übergeführt werden. Diese Vergasung vollzieht sich in einem Feuerraume mit Plan- oder Treppenrost (Generator), in welchem das Brennmaterial in sehr hoher Schüttung vorhanden ist. In der untersten Schicht eines solchen Generators findet sich das intensiv brennende Feuerungsmaterial; der Kohlenstoff desselben verbrennt mit der unten zutretenden sog. primären Luft zu Kohlensäure, diese passiert bei ihrem Höhersteigen die im glühenden Zustand befindliche Brennmaterialschicht und reduziert sich hier zu Kohlenoxydgas. Die Kohlenoxydgase leitet man in den Verbrennungsraum, in welchem man Wärme erzeugen will, läßt hier durch Regulierschieber die sog., auf mindestens 200 ° C. vorgewärmte, Sekundärluft hinzutreten und verbrennt unter intensiver Hitzeentwickelung das Kohlenoxydgas zu Kohlensäure. Solche Gasfeuerungen nennen wir nun direkte Gasfeuerungen.

Gehen dagegen die Räume für die Gaserzeugung und für die vollständige Verbrennung unmittelbar ineinander über, so bezeichnet man diese Feuerungen als Halbgasfeuerungen, wie z. B. die Feuerungen von Ten-Brink, Schultz-Röber, Göhring, Kuhn u. a. mehre. Dieselben haben nun auch schon sehr gute Resultate erzielt, müssen jedoch sehr sorgfältig bedient werden, andernfalls sie leicht in gewöhnliche Feuerungen übergehen und alsdann unter solchen Umständen die nachträgliche Luftzufuhr nur schädlich wirkt. Indessen ist man aber doch noch in neuerer Zeit auf die Halbgasfeuerungen mehr zurückgekommen, jedoch in sehr vervollkommneten Konstruktionen und nur annähernd die Form der sog. direkten Gasfeuerungen beibehaltend.

Über das Thema der Gasfeuerung wurde auch auf der vorjährigen Verbandsversammlung der Dampfkesselrevisions-Vereine verhandelt, und erwähnte der Referent, daß schon seit Jahren der Wunsch vorhanden sei, eine bessere Verwertung des Brennmaterials bei Dampfkesselfeuerungen zu erreichen als die jetzige Methode der direkten Verbrennung des Materials unter den Heizflächen der Kessel, mit welcher selbst bei guten Feuerungen nur etwa 50 Prozent des Heizwertes des Brennmaterials verwertet werden, während das Übrige durch unvollkommene Verbrennung, Ausstrahlung, Absorption des Kesselgemäuers, durch den Schornstein rc. verloren geht. Nach den sehr guten Resultaten, welche in der Eisenindustrie, bei Glasöfen rc. mit Gasfeuerung erzielt wurden, lag es nahe, einen ähnlichen Weg auch für Dampfkessel zu versuchen.

Ein Hauptvorteil, welcher aus der Einführung der Gasfeuerung für Dampfkessel in ökonomischer Beziehung entspringt, ist der Umstand, daß man namentlich geringwertige und gasreiche Kohlen mit geringerem Luftüberschuß vollkommener verbrennen kann als bei gewöhnlicher Feuerung. Daraus ergiebt sich eine größere Ausnutzung des Gesammtheizwertes der Brennmaterialien bei gleicher Heizfläche; infolge der höhern Anfangstemperatur wird durch die gleiche Heizfläche mehr Wärme an das Wasser übertragen, d. h. pro Einheit Heizfläche mehr Dampf erzeugt. Bei richtiger Anlage und sorgsamem Be-

triebe erfolgt bei Gasfeuerungen meist rauchlose bezw. rußfreie Verbrennung, ein Umstand, der meist weniger in ökonomischer als in ästhetischer Beziehung Berücksichtigung verdient.

Eine schädliche Einwirkung auf die Kessel durch die sog. Stichflamme ist wohl in einzelnen Fällen angeblich beobachtet worden, doch ist dies kein Fehler der Gasfeuerung selbst, sondern nur ein Fehler spezieller Anlagen. Die Gasfeuerung gestattet im Gegenteil eine gleichmäßige Verteilung der Flamme und konstanter Temperatur auf eine größere Fläche und dadurch in gewisser Beziehung eine Schonung der Kessel.

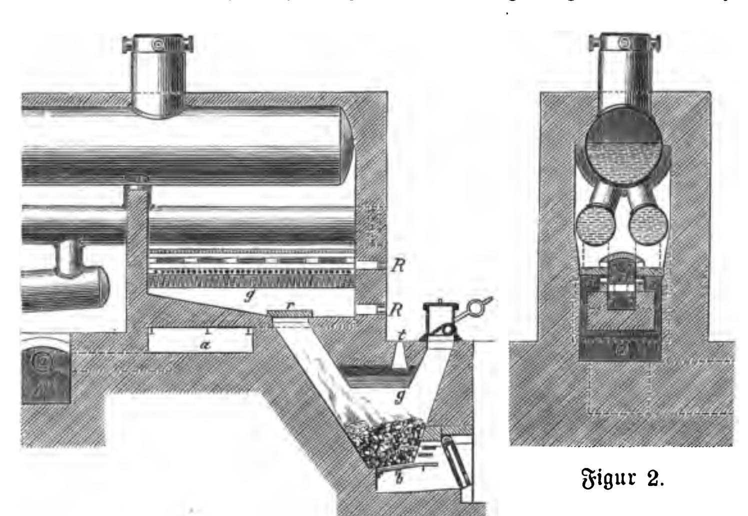
Da bei Gasfeuerungen die abziehenden resp. verbrauchten Heizgase sehr kohlensäurehaltig sind, bei vollständiger Verbrennung 18 bis 20 Prozent Kohlensäure, so können dieselben in Zuckerfabriken zum Saturieren des Saftes direkt verwandt werden.

Wir werden nun spezielle Beschreibungen und Zeichnungen der wichtigsten Gasfeuerungen folgen lassen.

Gasfeuerung von Müller & Fichet in Ivry.

Figuren 1 und 2.

Diese Gasfeuerung hatte s. Z. eine gewisse Berühmtheit erlangt, indem es den Konstrukteuren nach langjährigen Versuchen gelungen war, eine ziemlich



Figur 1.

Figur 2.

vollkommene Gasfeuerung herzustellen und damit eine Kohlenersparnis von 32 Prozent zu erzielen. Wegen der geringen Haltbarkeit der Chamottestäbe *g* ist sie jedoch nicht zur mehrfachen Ausführung gekommen.

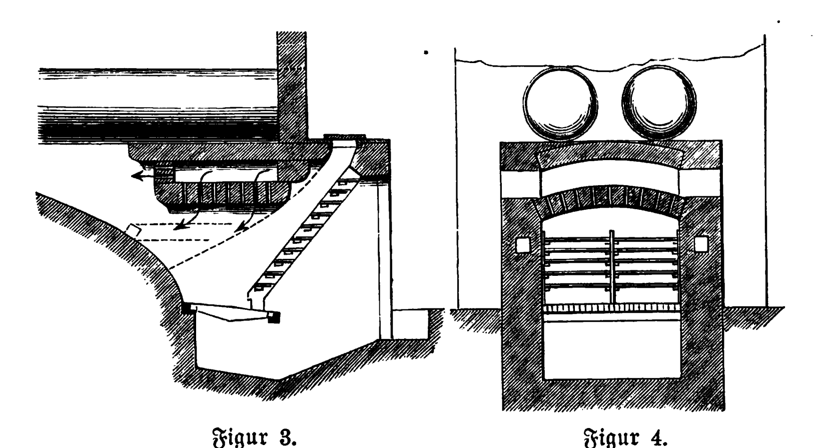
Sie besteht aus einem teils vor, teils unter dem Kessel liegenden Generator *G* mit darüber angebrachtem Fülltrichter in der Sohle des Kesselhauses. Die Generator- oder Kohlenoxydgase steigen in die Höhe, breiten sich unter einem aus dünnen Schamottestäben bestehenden Rost *g* aus, mischen

sich daselbst mit der vorgewärmten Luft, welche durch viele, seitlich über dem Rost g befindliche kleine Oeffnungen zuströmt, und die hierdurch entstehende helle, rauchfreie Verbrennungsluft umspült nun den Kessel in geeigneter Weise. Die sekundäre Luft wird zunächst durch den quer unter dem Kessel liegenden Kanal F, dann durch die kleinern Kanäle a und a^1 bis zu dem Verbrennungsraum über den Rost g geführt. R R und t sind verschließbare Schauöffnungen.

Gasfeuerung von A. Hartmann.

Figuren 3 und 4.

Diese Feuerung besteht aus einem unter 50° gegen den Horizont geneigten Treppenrost, welcher aus einer größern Anzahl jalousieladenartig



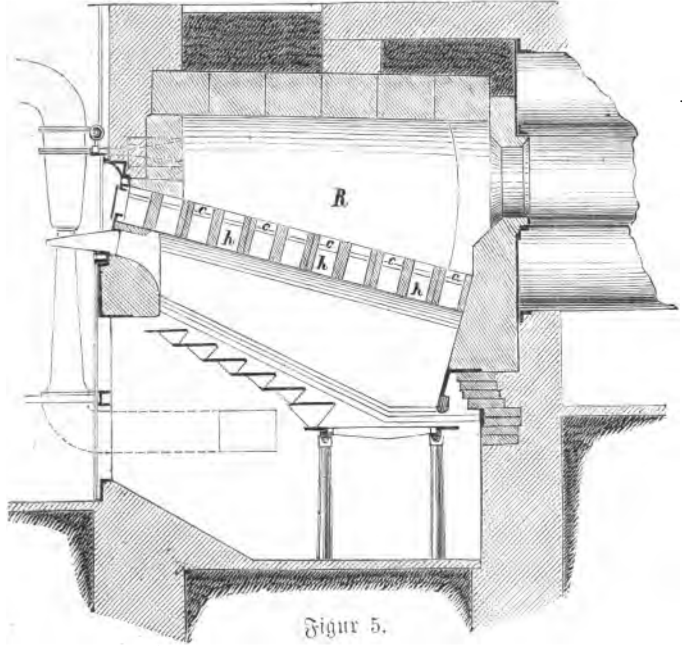
Figur 3. Figur 4.

übereinander gelegter Roststäbchen gebildet wird. Am untern Ende dieses schrägen Rostes schließt sich ein kurzer Planrost an, an dessen hinterm Ende die Feuerbrücke steil aufwärts steigt. Die Kohlen werden oben durch verschließbare Füllöffnungen eingeworfen und bedecken den schrägen Rost stets in einer Höhe von mindestens 15 bis 20 Zentimeter, während auf dem Planrost die Höhe der Kohlenschicht etwa 25 bis 40 Zentimeter beträgt, je nach der Art des Brennmaterials und des Betriebes.

Ueber dem Rost liegen zwei parallele Gewölbe, welche zwischen sich einen geschlossenen Hohlraum von 15 Zentimeter Höhe lassen, in den die atmosphärische Luft durch zwei Seitenzüge eingeführt wird. Das untere Gewölbe, welches also direkt über dem Feuer liegt, besteht aus feuerfesten Wölbsteinen, deren jeder drei Löcher von etwa 7 Millimeter Durchmesser hat. Durch diese große Menge kleiner Löcher tritt die angewärmte Luft zu den Gasen, welche sich aus der verhältnismäßig hohen Kohlenschicht entwickelt haben, und alsdann geht die eigentliche Verbrennung mit einer hellen, rauchfreien Flamme vor sich. Inzwischen soll diese Feuerung noch einige Aenderungen resp. Verbesserungen erfahren haben.

Gasfeuerung von Haupt in Brieg. (D. R. P.)

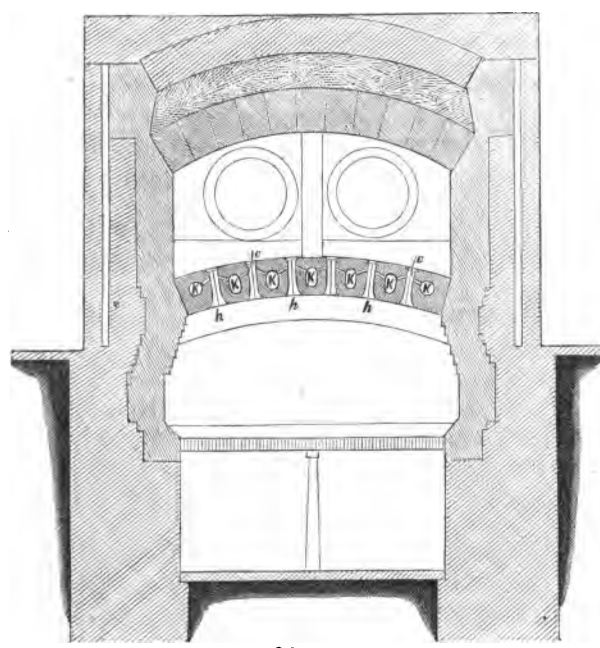
Figuren 5 und 6.



Figur 5.

Da wir einmal hier die am meisten wichtigsten Dampfkesselgasfeuerungen zusammenstellen wollen, so dürfen wir die zuletzt von Haupt konstruierte direkte (Fig. 5 u. 6) als auch die Ebeling'sche Gasfeuerung, obschon diese beiden wegen der zu geringen Feuerbeständigkeit der Gewölbe, namentlich bei der erstern, nur noch in ganz vereinzelten Fällen (bei sehr geringwertigem Brennmaterial) zur Ausführung kommen, schon aus dem Grunde nicht umgehen, weil diese und ähnliche andere die Überführung von den frühern Konstruktionen zu den jetzt am praktisch bewährtesten, nämlich den Halbgasfeuerungen, bildeten und gezeigt haben, daß wir zu solchen Ausführungen bis jetzt noch nicht ein so feuerfestes Material besitzen, welches der sehr hohen Temperatur, die in solchen Feuerungen entsteht, auf eine genügende Dauer widerstehen kann.

Die in Rede stehende, in Figuren 5 und 6 dargestellte Haupt'sche Feuerung, soll in Nachstehendem näher erläutert werden.



Figur 6.

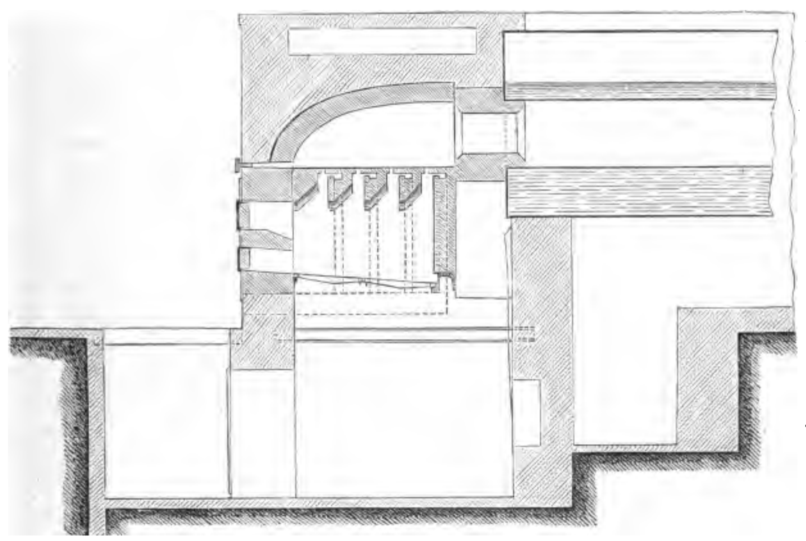
Der Generator ist hierbei von dem Raum R durch ein viel-durchlöchertes und aus Hohlsteinen hergestelltes Gewölbe begrenzt. Das Gewölbe ist aus hohlen Façonsteinen derart hergestellt, daß in demselben in axialer Richtung mehrere nebeneinander liegende, durch die Hohlsteine hergestellte Kanäle k in der ganzen Länge des Gewölbes und durch die äußere Façon der Steine gleichzeitig die senkrechten Schlitze h gebildet werden. Die sekundäre Luft tritt an der Stirnwand in die Kanäle k ein und entweicht erhitzt aus den flachen Düsen c, woselbst sie, also in den Schlitzen h, mit dem Kohlenoxydgas zusammentrifft und dann genügend gemischt als ausgebildete Flamme den Kessel bestreicht. Im Übrigen ist die frühere Anordnung beibehalten.

Gasfeuerung von Ebling. (D. R. P.)

Patent-Inhaber Wilhelmshütte in Waldenburg.

Figuren 7 bis 9.

An dieser hat inzwischen nichts Wesentliches geändert zu werden brauchen und können wir daher dasselbe Bild*) nebst Beschreibung getreu wiedergeben.



Figur 7.

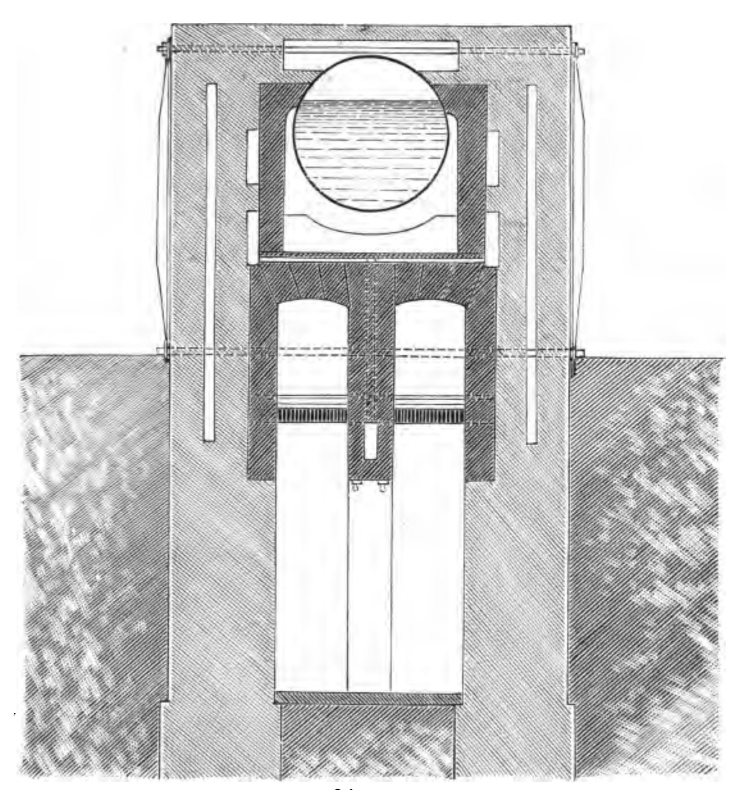
Die Brenngase werden in zwei Generatoren erzeugt und streichen an den mit Abschrägungen versehenen Gewölben hin und vermischen sich in den Brennern (Schlitzen) des Herdes mit atmosphärischer erhitzter und vorgewärmter Luft, um hierauf über den Herd hinweg in konstanter Flammenrichtung den Dampfkessel zu bestreichen.

Der Brennstoff wird nach Oeffnung der großen (oberen) Feuerthüren in den Generatoren auf den Rosten hoch aufgeschüttet und dienen unterhalb derselben zwei kleinere Thüren zur eventuellen Entfernung der Schlacke und zum

*) Vollständige Dampfkessel-Anlagen. 2. Aufl. S. 594.

Reinigen des Rostes; es geschieht dies in der Weise, daß der Heizer, wenn z. B. Schlacke zu entfernen ist, dieselbe mit einem passenden Eisen nach hinten stößt, wo sie durch den zwischen Rostfläche und Hintermauer gelassenen Spielraum geschoben werden und dann in den Aschenraum fallen.

Die Gewölbe, welche die Brenngase zunächst aufnehmen, sind aus einfachen, feuerfesten Steinen zusammengefügt und leiten durch eine bedeutende Abschrägung die Brenngase nach dem Verbrennungsraum. Die Gewölbe sind, je nach der Größe der Feuerung, in drei oder mehrere Schnitte geteilt, wodurch die Brenner des Herdes begrenzt werden.



Figur 8.

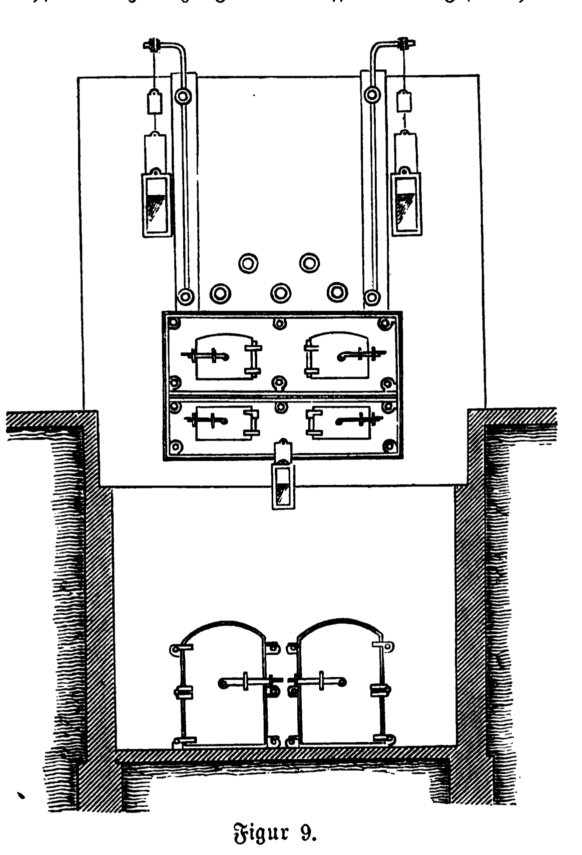
An Luftkanälen sind ein mittlerer und zwei seitliche vorhanden, von welchen der erstere vermöge seiner Lage in der Scheidewand zwischen beiden Generatoren erhitzte Luft, die übrigen aber vorgewärmte Luft den Brennern zuführen.

Die Luftzuführung ist von außen durch Schieber stellbar und stehen die seitlichen Luftzuführungen durch besondere Kanäle mit den Brennern in Verbindung, während der Mittelkanal unmittelbar in die Brenner einmündet; die Mischung der atmosphärischen Luft mit den Brenngasen erfolgt in der Weise, daß die Brenner in ihrer ganzen Ausdehnung von Brenngasen und Luft gleichzeitig bestrichen werden und daß außerdem durch den getrennt angelegten Mittelkanal gerade in der Mitte des Herdes erhitzte Luft zugeführt

wird. Die Gasflamme wird sich daher über die ganze Breite des Herdes ausdehnen und ohne eine Stichflamme zu erzeugen am Kessel entlang streichen.

Bei Anwendung eines Unterwindgebläses ist der Heizer im Stande, die Gasentwickelung zu vermehren oder zu vermindern; dies hat aber nur dann zu geschehen, wenn Dampfkessel zeitweilig etwas außergewöhnlich forçiert werden sollen.

Mit dieser kombinierten Rost- und Gasfeuerung wird zwar die größtmöglichste Ausnutzung des Brennmaterials herbeigeführt und gestattet auch außer der Gasfeuerung den gewöhnlichen Rostbetrieb, indem das hohe Aufschütten des Brennmaterials unterbleibt, die Luftkanäle geschlossen und dann nur reichliche Luft unter den Rost treten läßt; es empfiehlt sich dies immer vor dem Kaltlegen der Feuerung. Wie aber schon oben erwähnt, sind die Brennergewölbe hierbei nicht von Dauer.



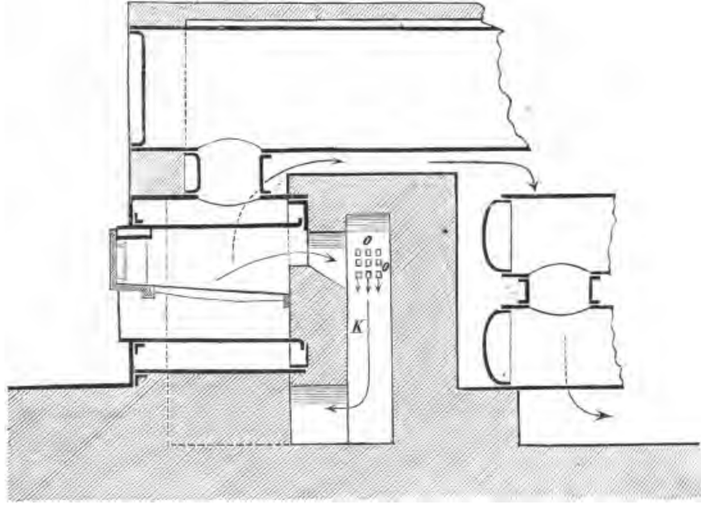
Figur 9.

Regenerator-Gasfeuerung in Kombination mit einem System von Walzenkesseln (D. R. P.) von C. Gröbe in Berlin.

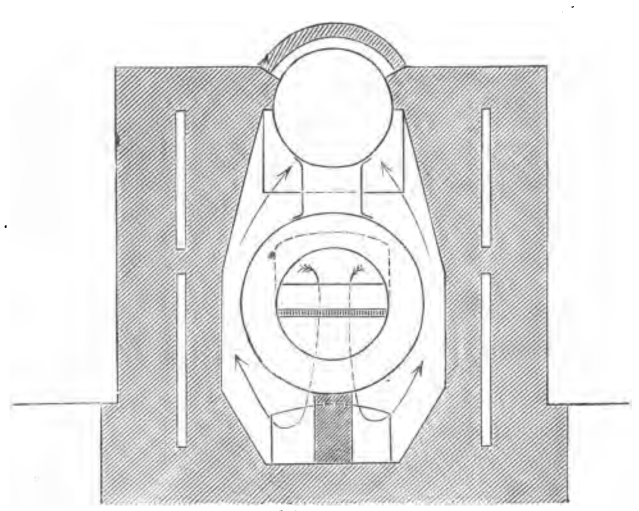
Figuren 10 und 11.

Unter einem, zwei oder drei Oberkesseln liegt ein aus einem horizontalen Zylinder von der Länge des erforderlichen Rostes bestehender kurzer Feuerungskessel, welcher von einer oder zwei Feuerröhren axial durchdrungen ist. Das Brennmaterial wird vorn durch eine Öffnung aufgegeben, welche, je nach dem Material, durch Thüren oder auch durch dieses selbst geschlossen wird. Die auf dem kurzen Feuerherd der Flammröhren entwickelten Heizgase treten über die Feuerbrücke in einen hinter derselben befindlichen, vor aller Abkühlung durch äußere Luft geschützten vertikalen Regenerator *K* (Rauch und Gaserhitzer), woselbst sie unter Zuführung von in den seitlichen Kanälen und Öffnungen *o o* des Mauerwerks erwärmter Luft vollständig verbrannt werden. Die stark erhitzten Gase umspülen sodann den Feuerungskessel außerhalb und

treffen dann normal den oder die Oberkessel, bestreichen diese parallel und können nun, je nach der Einmauerung, entweder die Vorwärmer resp. Unterkessel normal treffen, oder es kann auch das reine Gegenstromprinzip angewendet werden.



Figur 10.



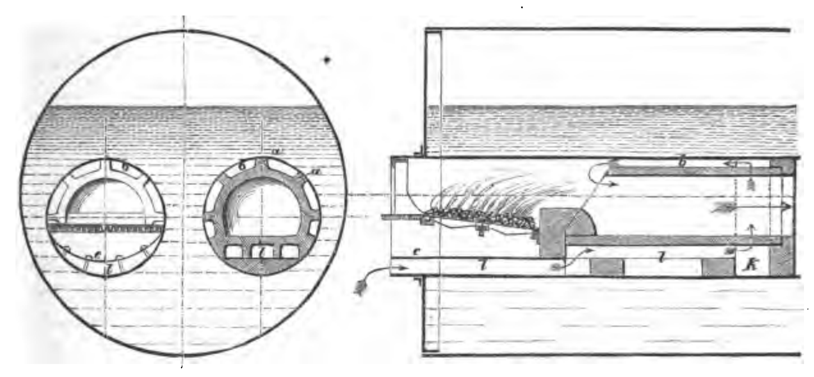
Figur 11.

Zweck und Eigentümlichkeit dieses kurzen Feuerungsapparates ist, die strahlende Wärme zu benutzen und die Temperatur der Verbrennungsprodukte nicht herabzuziehen. Durch die geringe Länge des Feuerrohrkessels ist es möglich, diesem selbst bei großem Durchmesser eine bedeutende Festigkeit zu geben.

Gasfeuerung. (D. R. P.) Heiser, Berlin.

Figuren 12 und 13.

Unmittelbar hinter der Feuerbrücke wird eine ca. 60 Millimeter starke Schamotteretorte, mit D-förmigem Querschnitt und außen mit dicht an das Feuerrohr anschließenden Rippen *a* versehen, welche Kanäle *b* in der Längsrichtung desselben bilden, eingeschlossen. Diese Kanäle sind an dem der Feuerbrücke abgewandten Ende durch eine gemeinschaftliche Kammer *k* verbunden,



Figuren 12 und 13.

in welche ein unterer Kanal *l* mündet, dessen Fortsetzung von der Feuerbrücke bis zur Stirnwand des Kessels durch eine Blechdecke *c* vom Aschenfall getrennt ist. Die Verbrennungsluft wird durch letzterwähnten Kanal herbeigezogen, verteilt sich von der gemeinschaftlichen Kammer aus in die Längskanäle, in denen sie nach vorn streichend, durch die Weißglut der Retorte entsprechend vorgewärmt, an der Feuerbrücke mit den Verbrennungsgasen zusammentrifft und an dieser Stelle eine vollständige Verbrennung bewirken soll.

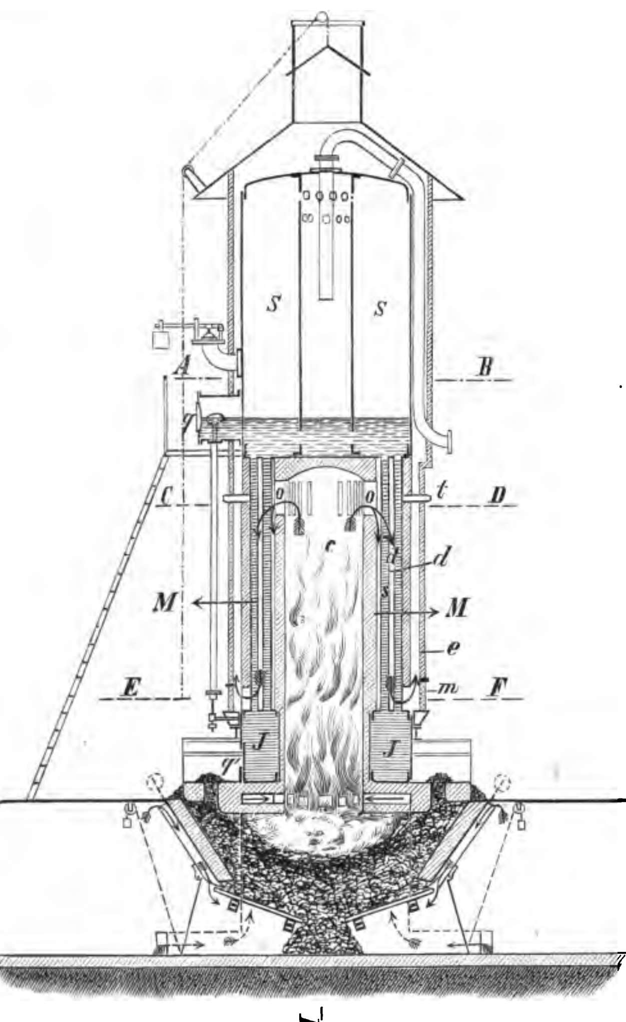
Gasfeuerung von E. Tomson. (D. R. P.)

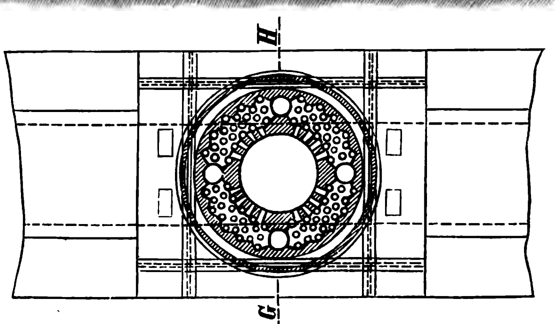
Figuren 14 bis 29.

Zu dieser Feuerung ist noch ein ganz besonderer stehender Dampfkessel konstruiert, und sind diese beiden Teile derart miteinander verbunden, daß wir hier, um zu einem richtigen Verständnis des ganzen Systems zu gelangen und über den Wert desselben klar zu werden, auch den Kessel mit in unsere Betrachtung ziehen müssen. Dieses ganze Kesselsystem, von E. Tomson in Stolberg bei Aachen, ist durch Deutsches Reichs-Patent geschützt.

Der Kessel ist in seinen Hauptformen zylindrisch und besteht aus drei Hauptteilen (Figuren 14 bis 18): dem Unterteil *J*, welcher vorzüglich dazu dient, die Wärme, welche das Gewölbe des Feuerraums durchläßt, aufzunehmen; dem Mittelteil *M*, aus vertikalen Röhren bestehend, für schnelle Wasserzirkulation und direkte Heizfläche dienend, und dem Oberteil *S*, welcher

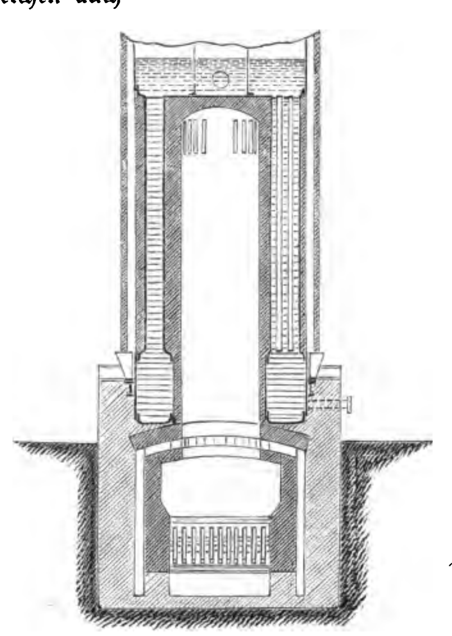
hauptsächlich als Dampfreservoir dient. Die Gase zirkulieren in den feuerfesten, einen Heber bildenden Feuerzügen in der durch Pfeile angedeuteten Weise Die aufsteigende Säule *c* nimmt die sich noch in der Verbrennungsperiode befindlichen Gase des Feuerraums auf und bringt sie auf eine Höhe, welche genügt, um die zur Verbrennung nötige Luftzufuhr zu veranlassen. In dieser Höhe angelangt, durchstreichen die Gase eine Reihe von Oeffnungen *o*, gelangen dadurch in die absteigende Säule *d* des Hebers in der feuerfesten Wand, wo sie zwischen den Wasserrohren hinziehen. Die verbrannten Gase kommen hier in direkte Berührung mit den Wasserrohren und kühlen sich derart ab, daß sie, am untern Ende der absteigenden Hebersäule angekommen, ungefähr nicht mehr Wärme haben, als eben noch zur Wasserverdampfung erforderlich ist. Diese Wärme wird jedoch noch weiter benutzt, indem man die Verbrennungsprodukte sich nochmals um den Kessel erheben läßt, wodurch eine Abkühlung des letztern von außen her vermieden wird. Die feuerfesten Wände des Hebers sind überall durch Wasser des Kessels, welches in Röhren von geringem Durchmesser zirkuliert, abgekühlt. Flache, abkühlende Flächen oder Flächen von großem Durchmesser sind vermieden.

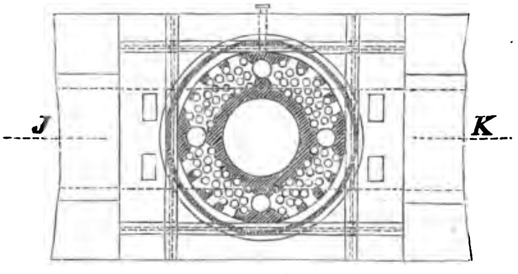




Figuren 14 und 15.

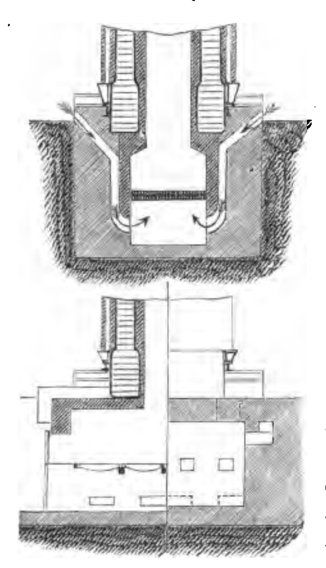
Wegen der kleinen Länge des Durchgangs kann man demselben einen genügenden Querschnitt geben, ohne daß die Solidität der innern Wandung, welche äußern Druck hat, zu sehr in Anspruch genommen wird. Die Umhüllung *e* kann behufs Reparaturen der absteigenden Feuerzüge leicht entfernt werden. Durch die Büchsen *t*, welche die Umhüllung bis zu der absteigenden Säule *d* durchdringen, kann leicht eine Dampfstrahlspritze zur Reinigung der Wasserrohre von Flugstaub eingeführt werden. Die in den Zügen abgelagerte Flugasche wird durch die Thüren *m* entfernt. Die Reinigung der Wasserrohre im Innern geschieht von dem obern Dampfbehälter *S* aus, durch welchen auch die Wasserrohre ausgewechselt werden können. Die Schlammablagerung, welche hauptsächlich in dem untern ringförmigen Teil *J* stattfindet, kann durch das Mannloch *q'* entfernt werden. Der ringförmige Raum dieses Unterteils ist so bemessen, daß ein Mann denselben behufs Reinigung und Reparatur befahren kann. Die Dampfentnahme geschieht in der Weise, daß ein Dampfrohr in das zugleich zur Verstärkung dienende Stutzrohr eingeführt ist; letzteres kommuniziert an seinem untern Ende mit dem Wasser- und am obern Ende mit dem Dampfraume. Der Kessel ruht auf vier Trägern und diese auf zwei Mauern, zwischen welchen sich die Feuerung befindet. Wenn der Kessel nur kurze Betriebsunterbrechungen hat, d. h. Tag und Nacht im Betrieb ist, so kann die Heizung durch einen Gasgenerator geschehen, welcher die in der Zeichnung angegebene Disposition hat. Der Rost des Generators, aus gewöhnlichen, etwas geneigten Roststäben bestehend, kann, wenn es durch das Brennmaterial bedingt wird, auch treppenförmig eingerichtet werden. Die Form des Generators bietet für eine gegebene Kapazität





Figuren 16 bis 18.

die möglichst kleinste Wandoberfläche und die geneigten Ebenen desselben, dazu bestimmt, die Vordestillation des Brennmaterials zu begünstigen, haben bei starker Neigung eine große Oberfläche. Die Aschenfälle sind durch leichte Blechthüren, welche durch Gegengewichte ausgeglichen sind, verschlossen. Die Verbrennungsluft tritt erst in den Aschenfall resp. zum Roste, nachdem sie die äußeren heißen Wände der beiden geneigten Ebenen bestrichen und sich erwärmt hat. Leichte Blechklappen gestatten die Regulierung dieser Zuströmung. Wenn ein gasreiches Material zur Verwendung kommt, welches sehr leicht sich verflüchtigende Kohlenwasserstoffe enthält, so kann man gleich nach Aufgabe von neuem Brennmaterial den Luftzutritt zum Aschenfall schließen und auf diese Weise auf einige Minuten die Bildung von Kohlenoxyden im Generator verhindern; hierdurch finden die flüchtigeren Gase aus der neuen Beschickung genügende Verbrennungsluft am Brenner vor. Die Verbrennungsluft zirkuliert, ehe sie zum Brenner kommt, zwischen Doppelwänden des Generators, welche hierdurch gekühlt und vor zu schneller Abnutzung geschützt werden. Die Wärme, welche die Luft hier absorbiert, begünstigt den Verbrennungsprozeß. Durch unmittelbar unterhalb des Rostes aus einer Röhre sickerndes Wasser wird die Arbeit am Roste erleichtert und es bilden sich poröse Schlacken; zur Verbrennungskammer wird ein Teil der Hitze, der sonst in dem Generator entstanden wäre, übergeführt, weil der Wasserdampf, während er die glühenden Kohlenschichten des Generators durchstreicht, sich zersetzt.


Figuren 19 und 20.

Die Figuren 19 und 20 stellen die Disposition einer Kesselfeuerung dar für Gas- und Halbfettkohlen; dieselbe ist geeignet für Kessel mit Betriebsunterbrechungen. Der hierbei zur Verwendung kommende Rost ist der gewöhnliche und kann, wenn nötig, große Dimensionen erhalten. Zwei gegenüberstehende Feuerthüren erleichtern die Bedienung des Rostes. Die Verbrennungsluft zirkuliert vor ihrem Eintritt in den geschlossenen Aschenfall durch Kanäle, welche sich in den Wandungen der Feuerung befinden. Durch diese Einrichtung wird die den Feuerungswänden durch Strahlung zugeführte Wärme zum großen Teil nutzbar gemacht und die Wände selbst vor schneller Zerstörung geschützt.

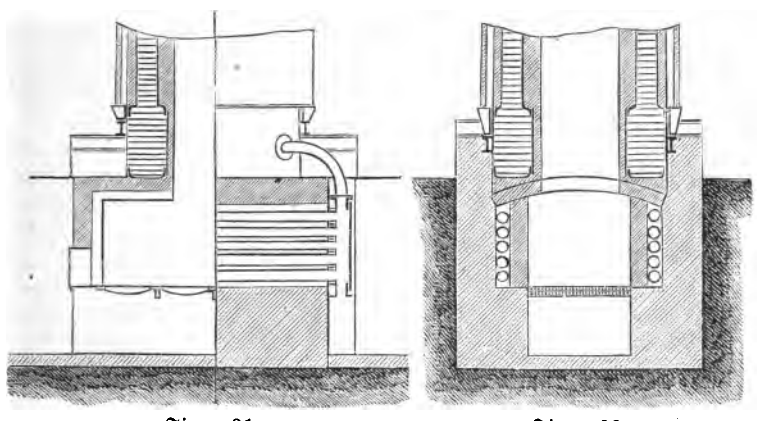
Die Figuren 21 und 22 geben eine Disposition für magere und anthracitische Kohle.

Die bedeutende strahlende Wärme dieser Brennmaterialien und das erforderliche geringe Quantum von Verbrennungsluft, welches zur Abkühlung der Feuerungswände nicht mehr ausreichen würde, bedingen ein anderes Mittel der Abkühlung. Dasselbe besteht in einem System von Speiseröhren, welche sich in den Feuerungswänden befinden, und zwar in einer Sandschicht, damit sie etwaigen Bewegungen folgen können. Diese Rohre sind behufs Reinigung leicht zugänglich.

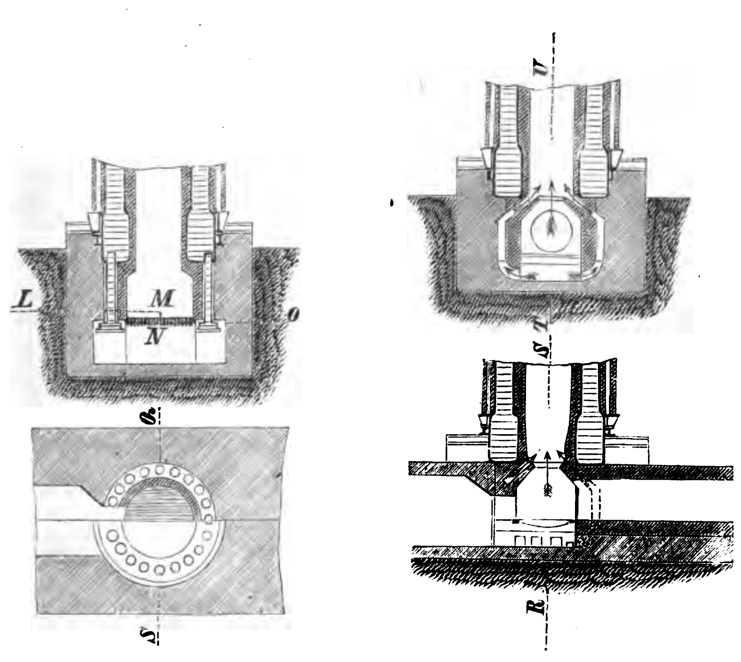
Für Dampferzeuger, deren Rostfläche nicht 1,5 Quadratmeter übersteigt, kann man diese Abkühlungsrohre vertikal anordnen und mit dem ringförmigen

Unterteil des Dampfkessels direkt in Verbindung bringen, wie dieses die Figuren 23 und 24 zeigen.

Wenn es sich um die Heizung der Kessel mit Gasen des Hochofens handelt, so wird die Anordnung der Figuren 25 und 26 gewählt.



Figur 21. Figur 22.



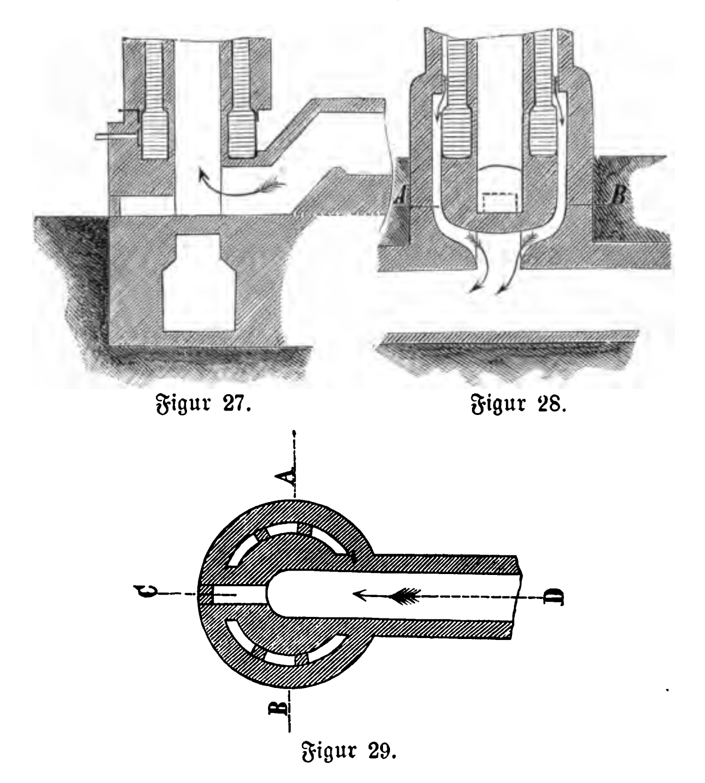
Figuren 23 und 24. Figuren 25 und 26.

Die Zuführung der Verbrennungsluft geschieht hier durch die eigentümliche Anordnung der Gas- und Luftkanäle in der Weise, wie dies bei den Luftinjektoren bewirkt wird.

Die zu verbrennenden Gase ersetzen den Dampf des Injektors, und die

angesogene Luft ist proportional dem Quantum der zu verbrennenden Gase. Ein kleiner Rost dient für den Fall, daß die Gase zu kühl sind oder für kurze Zeit fehlen sollten, zur Unterstützung und Aushilfe. Die Verbrennungsluft tritt unterhalb des Aschenfalls ein und steigt durch vertikale Kanäle zum Brenner.

Der neue Kessel eignet sich auch zur Ausnutzung der Verbrennungsgase von Puddel- und Schweißöfen. Will man in diesem Falle einen gemeinschaftlichen Kamin benutzen, so unterstreichen die Gase den äußern Teil des



Figur 27. Figur 28.

Figur 29.

Kessels nicht, sondern fallen, nachdem sie die Heizrohre umspült haben, direkt in den Abzugskanal. Die Figuren 27, 28 und 29 zeigen die entsprechende Disposition.

Die Verhältnisse des Kessels, wie sie in den Zeichnungen Figuren 21 bis 29 gewählt sind, erscheinen rationell.

Für eine Heizfläche von 80 Quadratmeter, einen Ueberdruck von 6 Atmosphären und für die Verbrennung von $1^1/_2$ Kilogramm reiner Kohle per Stunde und per Quadratmeter Heizfläche, Rückstände abgerechnet, haben wir folgende Verhältnisse, und zwar für je 1 Kilogramm Kohle, welches per Stunde verbrannt wird:

eine Rostfläche von . . . . 2 Quadratdezim.,
eine Kapazität des Feuerraumes von . . . . 20 Kubikdezim.,
einen Querschnitt des Feuerraumes für je ein mit
20% Luftüberschuß verbranntes Kgr. Kohlen von 0,5 Quadratdezim.,

einen Querschnitt für die zwischen den Rohren niedersteigenden Züge von	0,5	Quadratdezim.,
einen Querschnitt für das Abführungsrohr der Gase von	0,25	„

Bei Anwendung eines gewöhnlichen Rostes beträgt:

die Rostfläche per 1 Kilogr. Kohlen und per Stunde bei 20% Rückständen	2	Quadratdezim.,
der Abstand zwischen den beiden sich gegenüberstehenden Thüren	2,50	Meter,
die Breite des Rostes	1,20	„
der Abstand des Gewölbes vom Rost	0,70	„
der Wasserraum per Quadratmeter Heizfläche	50	Kubikdezim.,
das Wasserquantum oberhalb der höchsten Feuerzüge	1000	Kilogramm,
die Höhe des Wasserstandes über dem Punkte, an welchem die größte Verdampfung stattfindet	0,30	Meter,
der vertikale Weg, den der Dampf zu durchströmen hat, ehe er das Dampfentnahmerohr erreicht	4,00	„
das Volumen des Dampfraumes per Quadratmeter Heizfläche	125	Kubikdezim.,
der Raum zur Aufstellung des Kessels	5	Quadratmeter,
das Eigengewicht des Kessels beträgt	9600	Kilogramm,
das Gewicht der Träger und der Armatur	1100	„
das Gewicht der Garnitur des Feuers	1200	„
das Volumen des feuerfesten Mauerwerkes	3	Kubikmeter,
das Volumen der Formsteine der äußeren Züge in gewöhnlichem Material	10	„
und endlich das Volumen des gewöhnlichen Mauerwerks	20	„

Für Kessel geringer Dimension bleiben alle oben angegebenen Verhältnisse annähernd bestehen. Man kann die Höhe des Kessels bei Vergrößerung der Zugquerschnitte reduzieren.

Wenn der ringförmige Teil bei kleinen Kesseln nicht mehr die Befahrung behufs Reinigung zuläßt, so können mehrere, mit Mannlochverschlüssen versehene Reinigungsöffnungen angebracht werden.

Die Anlagekosten für das neue System stellen sich denen des Kessels mit Innenfeuerung ziemlich gleich.

Die diesem Kesselsystem eigentümlichen Vorteile sind:

1) daß eine vollkommene Verbrennung der Gase oder des Brennmaterials bei hoher Temperatur, infolge dessen mit einem schwachen Überschuß von Luft, in einer Feuerkammer mit feuerfesten Wänden, welche vor schneller Zerstörung geschützt ist, stattfindet;
2) daß Wärmeverluste durch die Wände des Mauerwerks auf das geringste Maß reduziert sind;
3) daß das Eindringen der Atmosphäre in das Innere der Feuerzüge vermieden wird und eine gewisse Spannung der Gase erhalten bleibt, woraus eine bessere Ausnutzung ihrer Wärme resultiert;
4) daß das Volumen und die Temperatur der Verbrennungsprodukte in dem Momente, wo dieselben die Heizfläche verlassen, auf ihr Minimum reduziert sind;
5) daß der Zug unabhängiger von den atmosphärischen Einflüssen

ist und der Kamin hauptsächlich nur als Mittel zur Fortleitung der Verbrennungsprodukte dient.

Diese Vorteile bezogen sich nur auf die Ersparnisse; der Kessel vereinigt jedoch auch in sich alle sonstigen Eigenschaften, die man von einem guten Kessel verlangen kann, als da sind:

Einfachheit der Konstruktion und geringer Durchmesser der direkt geheizten Flächen;
Leichtigkeit der Reparaturen und der Unterhaltung;
geringe Zahl von zu verdichtenden Stellen für Mannlochöffnungen 2c.;
Anordnung, welche eine regelmäßige Dilation erlaubt;
Produktion von trockenem Dampf;

Zu bemerken ist, daß zur Erlangung eines trockenen Dampfes ruhiges Sieden stattfinden muß, was wieder zur Bedingung hat, daß bei großem Dampfraum das Oberflächenverhältnis zwischen dem Wasserspiegel und der Heizfläche ein kleines ist, daß sich der Dampfraum nicht abkühlen darf, daß die größte Verdampfung sich möglichst nahe dem Wasserspiegel vollzieht und endlich, daß der Dampf bis zu seinem Austritt einen möglichst langen vertikalen Weg durchläuft. Weitere Vorteile sind: geringe Schwankungen in der Verdampfung bei mehr oder weniger lebhafter Feuerung, darauf beruhend, daß der Wasserraum mit Wänden in Berührung ist, welche als Wärmereservoir dienen.

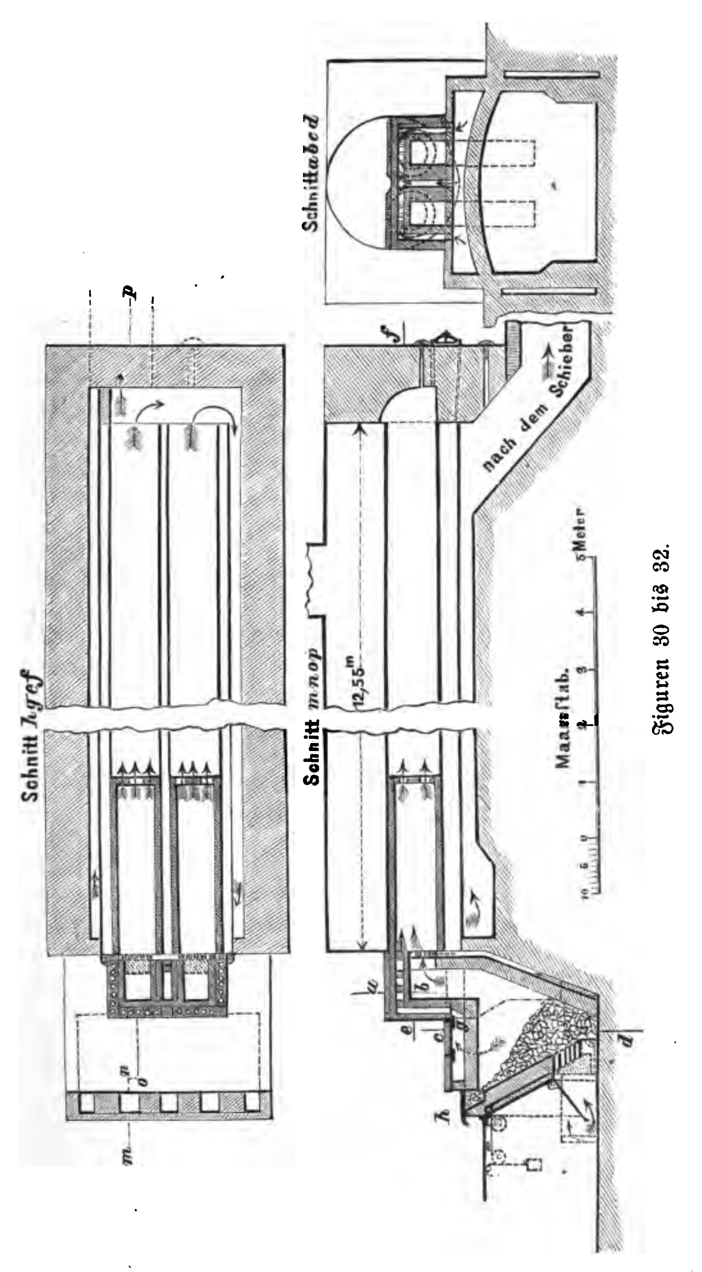
Die weitere Bedingung für einen guten Kessel: Erzeugung einer regelmäßigen und raschen Wasser- und Dampfzirkulation, ist hierbei Rechnung getragen durch die Anordnung von engen, mehr geheizten und weiten, weniger geheizten Wasserrohren. Da die Speisung dieses Kessels am untern Ende stattfindet, die höchste Temperatur aber im obern Teile des Kessels herrscht, so ist derselbe auch Gegenstromkessel.

Weitere Vorteile sind: Bequemlichkeit der Reinigung des Kessels und der Züge, kleiner Raum für Installation und große Sicherheit gegen Unfälle. Die Schlammablagerung findet blos an indirekt geheizten Stellen statt; die einer direkten Heizung ausgesetzten Kesselteile enthalten eine geringe Menge Wasser; die zeitweise Unterbrechung der Speisung kann den Wasserstand wenig beeinflussen; alle Kesselverbindungen sind erreichbar.

Die Figuren 30 bis 32 zeigen dieses System, mit einer dem speziellen Zwecke entsprechenden Umformung, an einem Flammrohrkessel angewandt. Es ist hierbei das Treppenrostsystem angenommen worden, weil eine solche Einrichtung erlaubt, das Niveau des Brennmaterials unterhalb des Brenners heruntersinken zu lassen, ohne daß dadurch in diesem Punkte eine Depression eintritt, welche Bedingung für eine Gasfeuerung unbedingt erforderlich ist. Die Steigung der vordern Generatorwand wird je nach den gasförmigen Bestandteilen der Kohle bestimmt, für gasarme Kohlen zu 55° gegen die Horizontale. Der Niveauunterschied zwischen der Generatorsohle und dem Brenner wird durch den disponiblen Raum bedingt. Die Weite des Ausströmungskanals der Gase aus dem Generator ist unter Berücksichtigung seiner geringen Länge, jedoch so, daß die Gase bei ihrem Durchlaß einen sehr kleinen Druckverlust erleiden, zu bestimmen, und zwar genügen in den meisten Fällen 50 Quadratzentimeter pro Kilo reiner Kohle und Stunde. Zu der Öffnung des Brenners wird derselbe Querschnitt gewählt.

Die zur Verwendung bestimmte Luft erfordert wegen der durch ihre Erhitzung auf ca. 300° um die Generatorhülle herum erzeugten Volumenzunahme

und wegen des geringen Reibungswiderstandes einen Gesamtquerschnitt, welcher von 10 Quadratzentimeter pro Kilo reiner Kohle im Anfang allmählich auf



Figuren 30 bis 32.

20 Quadratzentimeter an ihrem Ausgange nach dem Brenner wächst. In dieser Höhe ist eine Vorrichtung getroffen, die diesen Querschnitt um $^1/_3$ zu vergrößern erlaubt.

Vorherige Versuche über die nötige Größe der Verbrennungskammer für die betr. Gassorte, haben zu einem Raum von 15 Kubikdezim. pro Kilo reine Kohle und Stunde als dem zu dem Zweck passendsten geführt; seine Länge beträgt $1^{1}/_{2}$ mal seinen Kreisumfang. Der Ausgangsquerschnitt aus dieser Kammer beträgt 30 Quadratzentimeter pro Kilo Kohle, das Kaminregister 5 bis 10 Quadratzentimeter.

Als besondere Einzelheiten des Gaserzeugers bemerken wir noch: 1) Die Vermeidung jedes das Rutschen des Brennmaterials hindernden Winkels an den Wänden; 2) die geringe horizontale Tiefe des Generators im untersten Teile. Infolge dessen kann die Schlackenausräumung ohne Hülfsroste geschehen. Die Verbrennung in diesem Teile ist infolge der Ausstrahlung der inneren Wand sehr energisch; 3) wegen der geringen Dicke der Wände werden dieselben durch die umspülende Luft gehörig abgekühlt und so gegen die einfressende Wirkung der Schlacken geschützt; 4) durch unmittelbar unterhalb des Rostes aus einer Röhre sickerndes Wasser wird a) die Arbeit am Rost erleichtert und es bilden sich poröse Schlacken; b) zur Verbrennungskammer wird ein Teil der Hitze, der sonst in dem Generator entstanden wäre, übergeführt.

Als besondere Vorrichtung des Brenners ist zu erwähnen, daß dessen feuerfeste Wände durch das Kesselwasser selbst abgekühlt sind; daß ferner nichts der vollständigen Verbrennung der Gase entgegensteht, indem vielmehr eine Druckerhöhung in der Kammer besteht und auf die innige Mischung der Gase förderlich einwirkt; sodann erlaubt die Einrichtung zu jeder Zeit den Zustand der Kesselbleche zu kontrollieren; endlich trägt die Kreuzung der Gas- und Lufteinführung ebenfalls zur vollständigen Mischung bei und erlaubt die Verbrennungskammer auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Luftzuführung zum Rost wird durch eine Thür geregelt.

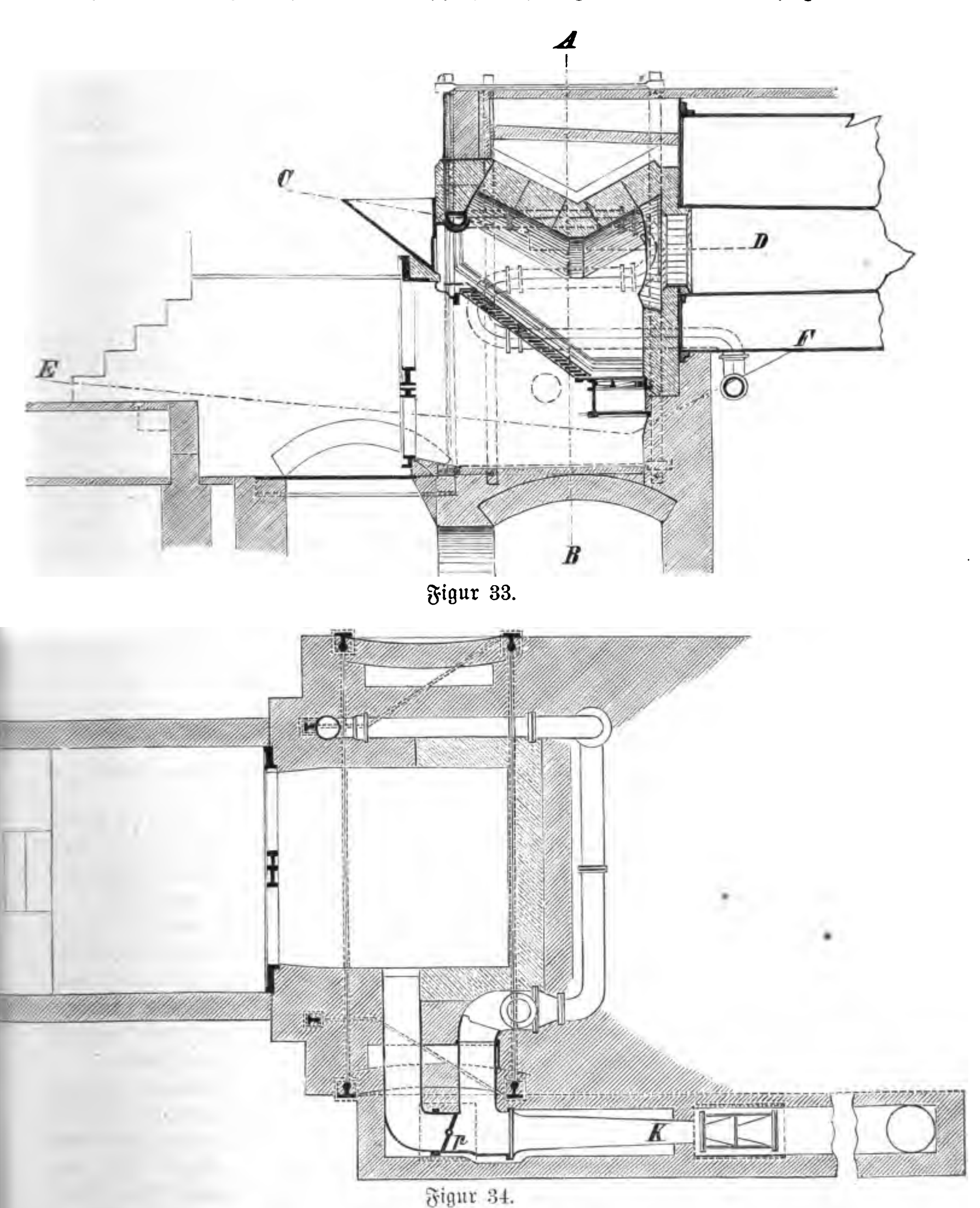
Gasfeuerung (System Haupt).

Figuren 33 und 34.

Aus den Figuren dürfte diese Feuerungsanlage zum größten Teil vollständig klar ersichtlich sein und daß sie mit der auf Seite 6 dargestellte und beschriebene sehr wenig, fast gar keine Ähnlichkeit hat. Auch ist die hier dargestellte von weit neuerem Datum, da die frühern wegen ihrer geringen Dauerhaftigkeit des Brennergewölbes, wie bereits erwähnt, zur mehrfachen Ausführung nicht gekommen ist. Herr Haupt scheut kein Opfer, um an Vervollkommnung der Kesselfeuerung der Zukunft unermüdet weiter zu arbeiten, und sind durch seine sehr anerkennenswerten, dahin gerichteten Bestrebungen, die hier beschriebenen wirklich vervollkommten Konstruktionen entstanden, mit welchen auch schon in der Praxis sehr günstige Resultate erzielt worden sind.

Bezüglich der Einrichtung ist nur noch zu erwähnen, daß die zweite Luft in einem Röhrensystem, welches an beiden Seiten der Feuerung in dem Mauerwerk angebracht ist, vorgewärmt wird und alsdann aus einem mit einer Reihe von kleinen Löchern versehenen Dförmigen Rohr, welches über der Schüröffnung angebracht ist, in den Verbrennungsraum strömt. Die Zuführung der Luft, sowohl unter die Roste als in das Röhrensystem, geschieht durch ein Körting'sches Gebläse, welches bei *K* liegend angebracht ist. Das Bedienen dieser Gasfeuerung ist sehr einfach und für den Kesselheizer eine

leichte Arbeit; hauptsächlich hat er darauf zu achten, daß er die in dem Windrohre bei *p* angebrachte Drosselklappe stets so reguliert, daß das richtige Ver-



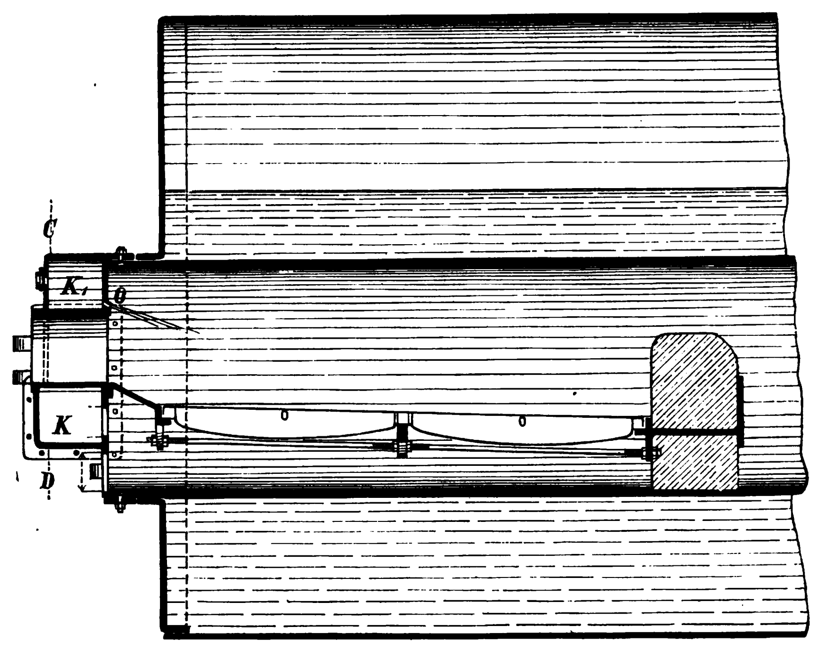
Figur 33.

Figur 34.

hältnis zwischen der über und unter dem Roste zugeführten Luft stattfindet und dies läßt sich leicht bewerkstelligen, da man durch ein kleines Schauloch

das Feuer stets beobachten kann, und nach der Farbe der Flamme das Gebläse stellt. Ferner hat der Kesselheizer darauf zu achten, daß der Generator nie zu kalt wird und stets gefüllt ist, ebenso darauf, daß er, bevor er an das Abschlacken geht, die Spannung im Kessel etwas hoch hält; denn während dieser Arbeit muß er das Unterwindgebläse abstellen und es pflegt alsdann bei großem Dampfverbrauch leicht die Spannung im Kessel etwas zu sinken.

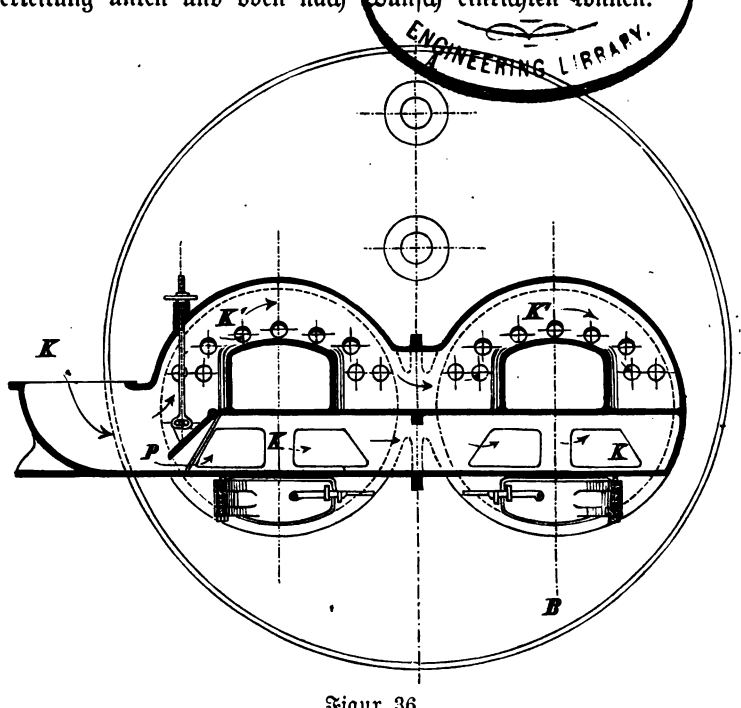
In Figuren 35 und 36 ist eine von demselben Konstrukteur (Haupt), sogenannte innere Gasfeuerung dargestellt, unter welcher Bezeichnung sie dem-



Figur 35.

selben patentiert worden ist, und im Prinzip Ähnlichkeit mit der obigen hat und sich hauptsächlich dadurch unterscheidet, daß diese Gasfeuerung (wenn sie überhaupt in dieser Verfassung noch als Gasfeuerung genannt werden kann) ohne jegliches Mauerwerk und Steine, nämlich ganz aus Eisen hergestellt und in ihren hauptsächlichen Teilen vor die Flammrohre an die Stirnwand des Kessels gelegt. Die Luftzuführung wird hier ebenfalls durch ein Körting'sches Gebläse, welches bei *K* angebracht wird, bewirkt, und ist die Anordnung derart, daß die Luft durch eine untere Kammer *K* unter die Roste und durch eine obere Kammer K_1 durch kleine Öffnungen bei *O* über die brennende Kohlenschicht hingeströmt wird. Eine linksangebrachte Regulierklappe *P* mit Spindel und Handrädchen gestattet eine Regulierung des Lufzuges in dem Sinne, daß durch Schließen und Öffnen der Klappe entweder die Luftzuführung unten oder oben ganz absperrt und ganz zugelassen werden kann. Ist die untere Luftzuführung ganz geschlossen, sodaß die gesamte geförderte Luft über die brennenden Kohlen streicht, so wird eine fast rauchfreie Verbrennung erzielt, während umgekehrt, die obere Kammer geschlossen, untere ganz offen, sich jedenfalls eine bessere Verbrennung ergiebt. Je nach den verschiedenen

lokalen Verhältnissen wird man das Eine oder das Andere vorziehen oder die Luftverteilung unten und oben nach Wunsch einrichten können.



Figur 36.

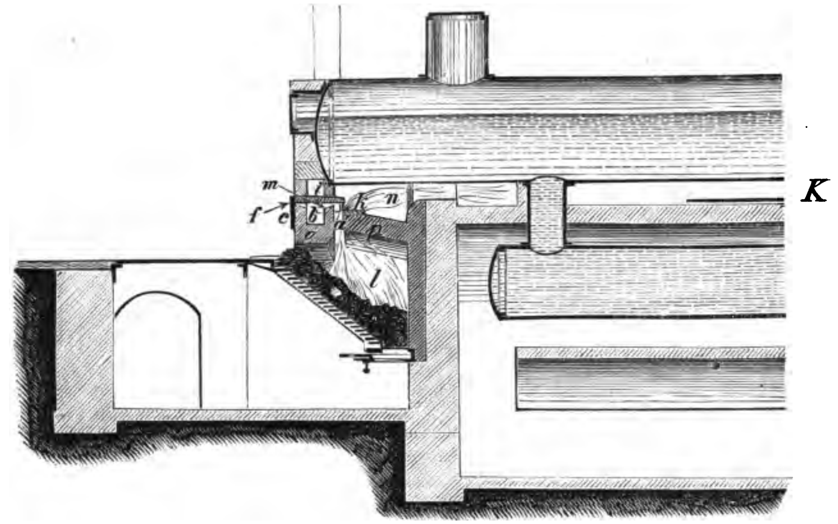
Zur Erreichung einer für die große Schütthöhe der Kohlen und erforderlichen großen Rostfläche sind die Flammrohre vorn erweitert und durch ein konisches Zwischenstück ist dieser Ofen oder die Heizkammer mit dem hinteren, geraden Flammrohre von geringerer Weite verbunden.

Gasfeuerung (D. R. P.). Fr. Schaffer in Striegau.

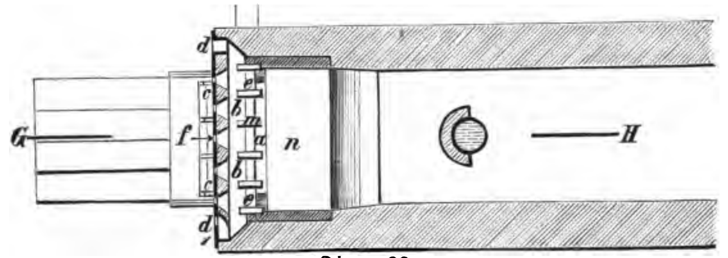
Figuren 37 bis 39.

Der Generator *l* ist hier durch das etwas geneigte Gewölbe *p* und das wagerechte Gewölbe *o* zum größten Teil abgeschlossen. Zwischen diesen, etwa in der halben Rostlänge, befindet sich der Brennerschlitz *a* zur Gasführung. Der Brennerschlitz führt die Gase entzündet in den oberhalb liegenden Verbrennungsraum *n* ab; dort wird ihnen die nötige Verbrennungsluft aus dem in der vorderen Gewölbehälfte liegenden Kanal *b* vorgewärmt durch den Schlitz bei *m* zugeführt. Die Luftzuführung wird durch zwei Einlässe *d* und d_1, die gemeinsam vom Heizerstande aus beliebig geöffnet oder geschlossen werden können, reguliert, zu welchem Zweck die an einer Stange befestigten Schieber *h* und h_1 angebracht sind. Die Deckplatten *i* über dem Luftkanal und dem Brennerschlitz, welche auf dünnen Tragsteinen *m* ruhen, haben den Zweck, um eine möglichst vollkommene innige Mischung der Luft mit dem Gase zu bewirken. Die Steinplatten *k* dienen zur Regulierung der Brennerschlitzweite.

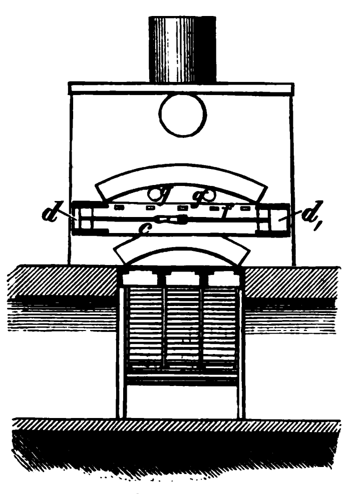
Mittelbar vor dem Luftkanal *b* befindet sich eine Stirnplatte *c*, an welcher



Figur 37.



Figur 38.



Figur 39.

gleichzeitig, außer der Luftreguliervorrichtung, auch noch die mit Glasverschluß versehenen Schaulöcher *f* angebracht sind.

Die Einwirkung des Feuers auf den Kessel ist augenblicklich zu dämpfen, wenn der Luftzuführungskanal *b* vollständig geöffnet wird und auch durch die Schüröffnung die Luft Zutritt zum Generator erhält.

Drei Feuerungen sind bis jetzt im Betriebe bei Dampfkesseln von je 52 Quadratmet. Heizfläche auf der Koksanstalt von C. Kulmiz in Rothenburg bei Gottesberg, und zwar die eine seit dem 3. Januar, die zweite seit dem 19. April und die dritte seit Oktober 1880; diese letztere in Verbindung mit einem Unterwindgebläse. Sehr bemerkenswert ist, daß bei diesen Feuerungen Wäscheschlämme von den Kohlenwäschen als Brennmaterial benutzt wird, naß wie aus Klär=

bassins gestochen werden, oder auch kohlehaltige Wäschschiefer mit einem Aschengehalte bis zu 60 %, oder eine Mischung beider Abfälle, also ein solch höchst geringwertiges Brennmaterial, wie ein zweites nicht existiert, und für diesen speziellen Fall wird sich diese Feuerung mit Vorteil anwenden lassen.

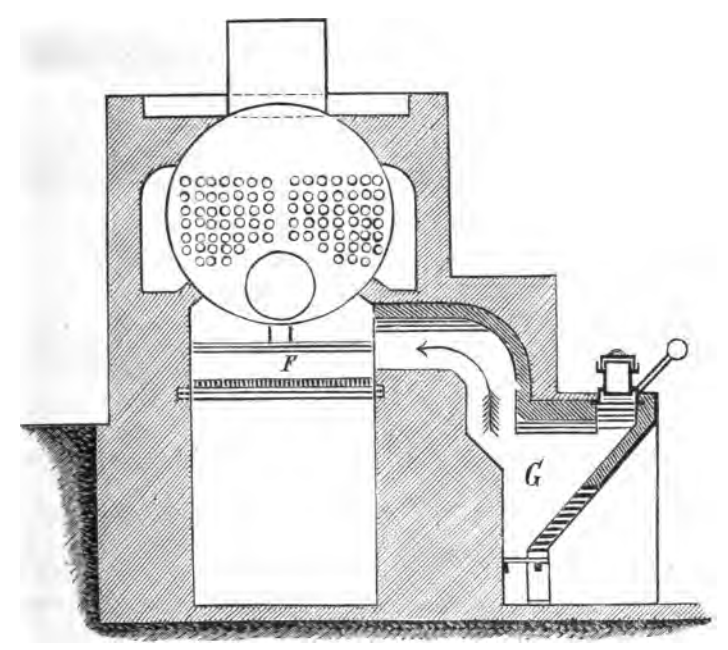
Bei den genannten Kesseln waren für gewöhnliche Feuerung stündlich ca. 8 Karren Schlamm erforderlich, welche nicht den nötigen Dampf lieferten; in den Gasofen reichen stündlich 3—3¾ Karren Schlamm für den stärksten Dampfverbrauch aus. Bei alleiniger Verbrennung von Schiefern werden drei Kessel geheizt; in gewöhnlichen Feuerungen verbrannten die Schiefer nicht.

Inzwischen ist noch eine Reihe von diesen Feuerungen ausgeführt worden.

Gasfeuerung, System Bonté-Schäfer, Berlin.

Figuren 40 und 41.

Es ist diese eigentlich eine Doppelfeuerung, denn sie ist zusammengesetzt aus einem Generator und einer gewöhnlichen (Planrost-) Feuerung, wie Figur 40



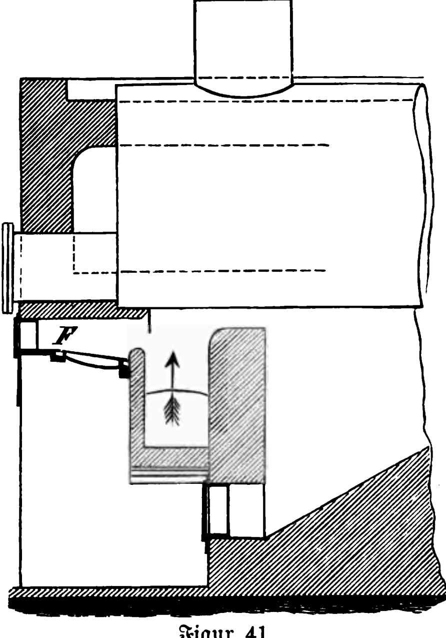
Figur 40.

zeigt, in welcher *G* der Generator und *F* die Planroste bedeutet. Der Generator kann indessen auch außerhalb des Kesselhauses, wie dies von dem Erfinder empfohlen wird, angelegt werden und alsdann auch für mehrere Kessel bemessen werden.

Der Erfinder, der diese Feuerungseinrichtung nicht erfunden, sondern per Zufall bei Ausführung einer Kessel-Gasheizung mit Regenerativkammer, und zwar durch Versehen eines Arbeiters, gefunden hat*), benutzt die durch jede ge-

*) „Gesundheits-Ingenieur“ Nr. 6. 1881.

wöhnliche Feuerung durchströmende überschüssige Luft, welche bei dieser mindestens das doppelte des theoretischen Quantums beträgt und sehr hoch erhitzt ist, als zweite Luft zur Verbrennung des Kohlenoxyd- resp. des Generator-Gases und führt dies Gas zu dem Zweck nach der vorhandenen gewöhnlichen Feuerung hin. Die Temperatur entwickelt sich hierbei so hoch, dank der hoch vorgewärmten Verbrennungsluft, daß die kühlenden Kesselwände ohne besonderen Einfluß bleiben und sich die Verbrennung derartig vollzieht, daß eine bis 10 Meter lange Flamme entsteht.



Figur 41.

Ein Hauptfaktor ist noch der, daß an der bestehenden Einmauerung und der Roste sehr wenig verändert zu werden braucht und die Roste jede Minute wie früher zur Befeuerung disponibel verbleibt. Nun hat man freilich im Generator Kohlenverbrauch und auch auf den verbliebenen Rosten. Dagegen bekommt man aber durch Verbrennung ohne Luftüberschuß eine bedeutend höhere Temperatur. Man ist also im stande, diesen Rost bedeutend zu verkleinern, auf ca. $^1/_4$ bis $^1/_3$ gegen die ursprüngliche Größe. Die Quantität Kohle, welche hier mit überschüssiger Luft verbrennt, wird freilich immer noch Kohlensäure bilden, es wird Stickstoff hinzutreten, aber es wird auch die doppelte atmosphärische Luft da sein, und zwar hoch erwärmt, und die Thatsache hat bewiesen, daß die Feuerungen wirklich gut funktionierten und sind in einem Falle 40 % Brennmaterial-Ersparnis und rauchfreie Verbrennung erzielt worden.

Die Einführung der Gase zu dem Roste geschieht am vorteilhaftesten nach Figur 41.

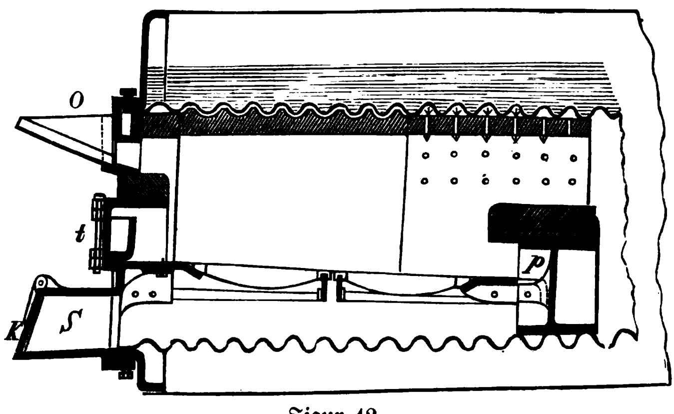
Gasfeuerung für Wellrohr-*) Dampfkessel (D. R. P.) von Schulz, Knaudt & Co. in Essen.

Figur 42 und 43.

Diese Feuerung ist eine vollständige Innengasfeuerung, vor Verlust durch Ausstrahlung vollkommen gesichert. Über dem Roste, dessen Höhenlage der Schütthöhe der zu verwendenden Kohlen entspricht, befindet sich ein aus 65 bis 80 Millimeter dicken feuerfesten Steinen hergestelltes Gewölbe, welches, indem es noch die Wellen der oberen Rohrwand berührt, den Verbrennungsraum bildet und die Wärme dort zusammenhält. Dadurch entsteht eine Reihe von halbkreisförmigen Kanälen, welche je durch mehrere Löcher mit dem Ver-

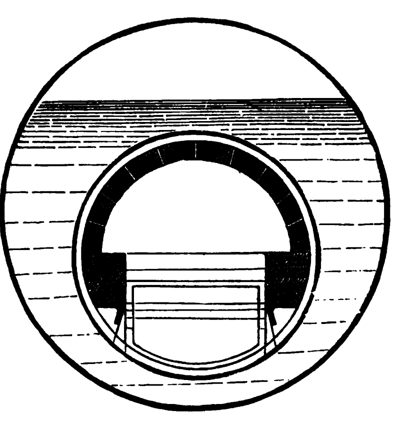
*) Wellrohr selbst nach Patent Fox.

brennungsraum in Verbindung stehen. Ein Gebläse, welches mit dem Geschränk S in Verbindung steht führt die Luft zum Teil zum Zweck der Vergasung der Kohle unter die Roste, zum Teil in die erwähnten Kanallierungen, wo sie sich anwärmt und dann in feinen Strahlen in die von Brennmaterial aufsteigenden Gase tritt. Durch die Luftströmung in den Kanallierungen wird auch gleichzeitig ein Verbrennen des Gewölbes vorgebeugt. In einem Falle



Figur 42.

z. B. hatte das Gewölbe anfänglich eine Stärke von 75 Millimeter, die aber bald auf 65 Millimeter abschmolz und in dieser Stärke gegen weitere Abnutzung durch die kühlende Luftströmung geschützt geblieben. Das Brennmaterial wird durch die Schüttöffnung O auf den Rost hoch aufgeschüttet und diese Öffnung von der Kohle selbst geschlossen gehalten, zu welchem Zweck die Vorplatte angebracht ist. Zwei unterhalb dieser Öffnung angebrachte kleine Thüren t dienen zum Reinigen und Abschlacken des Rostes und hat der Heizer die Schlacke mit einem passenden Eisen nur nach hinten zu schieben, wo sie alsdann durch eine freie Öffnung bei p in den Aschenraum fällt. Um Asche und Schlacke aus dem Aschenraum zu jeder Zeit herausziehen zu können. ist die Klappe K an dem Geschränk S angebracht. Diese Klappe bleibt geöffnet wenn nur mit natürlichem Luftzuge, also schwach, gearbeitet werden soll.


Figur 43.

Was nun die Leistung eines solchen Kessels anbetrifft, so ist dieselbe als eine äußerst günstige zu bezeichnen. Bei einem von dem Ober-Ingenieur des Bergischen Dampfkesselvereins angestellten Versuche an einem Kessel von 76 Quadratmeter Heiz-, 1,2 Quadratmeter Rostfläche und 3,5 Atm. Druck, welcher mit einer gesiebten feinen Kohle aus dem Gelsenkirchener Kohlenrevier, deren Preis nur Mark 3,20 pro 1000 Kilo beträgt, geheizt wurde, wurde eine Verdampfung von 8,40 Kilo netto und 7,94 Kilo brutto Wasser pro

1 Kilo Kohle bei einer Beanspruchung von 21,05 Kilo Wasser pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde erzielt. Die Temperatur des Speisewassers betrug 12° C. und die im Fuchs 243° C.

Bei einem zweiten, von dem Zivil-Ingenieur Kölling in Gelsenkirchen angestellten Versuch an demselben Kessel und mit einer sehr geringwertigen Kohle (Schlammkohle), einer Zeche bei Ablerbeck, geheizt, wurde eine Verdampfung von 9,3 Kilo netto und 7,5 Kilo brutto Wasser pro 1 Kilo Kohle bei einer Beanspruchung von 20,4 Kilo Wasser pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde erzielt. Temperatur des Speisewassers betrug 16° C. und die im Fuchs 232° C. Sehr bemerkenswert ist hierbei noch, daß das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche 1:63 beträgt.

Solch angelegte Kessel eignen sich demnach vorzüglich für Steinkohlengruben zur Ausnutzung von Schlamm- und feiner Kohlen, deren Transport der beim Verkauf erzielte Preis nicht erträgt. Die Feuerungseinrichtung selbst wird von dem Patentinhaber ganz richtig Halbgasfeuerung genannt; der eigentliche Erfinder ist jedoch G. Gregor, Zivil-Ingenieur in Bonn.

Endlich möge es noch von Interesse und beachtenswert sein, auf die Thatsache hinzuweisen, daß man bei sämtlich bis jetzt ausgeführten Dampfkesselgasheizungen und namentlich bei den aller ersten oder älteren, selbst neuesten, hier aber nicht beschriebenen Ausführungen, die Erfahrung gemacht hat, daß die Beheizung eines Dampfkessels mit Gas zu den schwierigsten Aufgaben der Feuerungstechnik gehört, obschon man in der Stahl-, Eisen- und Glasindustrie gute Erfolge mit Gasfeuerungen schon lange erreichte. Als Siemens zuerst mit Regenerativ-Gasfeuerung auftrat, glaubte man die Gasfeuerung auch für die Dampfkessel ohne weiteres dadurch anwenden zu können, daß man die einem gewöhnlichen Generator entnommenen Gase einfach unter den Kessel leitete und dort zu verbrennen versuchte. Hierbei stellte sich bald heraus, daß für Anwendung der Gasflamme bei Dampfkesseln ganz andere Erwägungen in Betracht zu ziehen waren, als bei Schweiß-, Puddel-, Glüh- und Schmelzöfen. Die Schwierigkeit, welche sich bei den vor 20 Jahren angestellten Versuchen zeigte, war namentlich die, daß eine vollkommene Verbrennung der Gase in den durch die Verdampfung des im Inneren des Kessels befindlichen Wassers konstant abgekühlten Feuerzügen nicht zu bewirken war, und die Gasflamme schließlich erlöschte; denn die Generatorgase bildeten stets ein Gemisch, in welchem, je nach den Brennmaterialien, ein größerer oder geringerer Prozentsatz Wasserdampf und etwa 50 % Stickstoff vorhanden sind; ein solches Gasgemisch ist schwer entzündlich und zum Verlöschen geneigt, wenn nicht eine sehr hohe Entzündungstemperatur vorhanden ist.

Man versuchte nun dadurch Abhilfe zu schaffen, daß man den Bedingungen der chemischen Vereinigung von Gas und Luft Rechnung trug, und insbesondere darauf Bedacht nahm, die Gase in einem sogenannten Brenner sich zur Flamme vollständig entwickeln und diese in die Kesselzüge eintreten ließ. Es wurden hierdurch allerdings bessere Erfolge erzielt, aber ein Übelstand konnte nicht beseitigt werden, nämlich die größere oder geringere Kondensation der in den Heizgasen enthaltenen Theerdämpfe in der Gasleitung zwischen Generator und Verbrennungsort. Die mit dieser Kondensation verbundenen Betriebsstörungen und Brennmaterialienverluste glaubte man, und mit Recht, dadurch vermeiden zu können, daß man den Generator dicht an den Kessel legte, ging also zu der sogenannten direkten Gasfeuerung

über, und hat im Großen und Ganzen bis heute hieran festgehalten. Hierbei stellte sich aber Folgendes heraus. Während man früher bei der Anordnung der Generatoren entfernt vom Kessel (d. h. bei der indirekten Gasfeuerung) in der Lage war, den Kessel jeden Augenblick durch Absperrung der Gasleitung außer Betrieb zu setzen, ist man dies bei der jetzt üblichen, der direkten Gasfeuerung, nicht in dem Maße im Stande, und es hat sich herausgestellt, daß es leichter und vorteilhafter ist, einen Dampfkessel mit kontinuirlichem Betrieb mit Gas zu feuern, als einen solchen, der nur bei Tage im Betriebe ist. Es tritt nämlich bei letzterem der Umstand ein, daß die Ersparnisse, welche die Gasfeuerung bei Tage erzielt, während des Nachts teilweise dadurch verloren geht, daß das im Generator zurückgebliebene Brennmaterial sich zum Teil verzehrt, auch entsteht für den Betrieb noch die Schwierigkeit, daß im Generator, welcher während der Nacht gestanden hat, mehrere Stunden braucht, um wieder in richtigen Gang zu kommen.

Um diese Mißstände, welche der allgemeinen Einführung der Gasfeuerung für den Dampfkesselbetrieb ernsthafte Schwierigkeiten bereiten, zu beseitigen, hat man das Quantum Brennstoff, welches im Generator sich befinden muß, auf ein Minimum zu reduzieren gesucht, und dies dadurch erreicht, daß man mit geringst möglicher Schütthöhe, 35—45 Zentimeter hoch, arbeitet. Hierdurch wurde aber infolge der nun eintretenden hohen Temperatur der erzeugten Heizgase und damit zusammenhängend der hohen Entzündungstemperatur der Gasflamme die Haltbarkeit der früher erwähnten Brenner in Frage gestellt. Besonders ist hier der Brenner (durchbrochenes Gewölbe) von Haupt Figur 5 und 6 Seite 6 zu erwähnen, welcher allen theoretischen Ansprüchen genügt und auch durch praktische Resultate seine Vorzüge bewährt hat. Leider ist auch diese Konstruktion für die Praxis ungeeignet, da selbst bei dem besten Material eine ziemlich schnelle Zerstörung des Brenners unvermeidlich ist. Dasselbe gilt auch von einer ganzen Reihe patentierter Einrichtungen, welche alle mit dem Bestande der bezw. Brenner stehen und fallen.

Inzwischen sind nun auch Kesselgasfeuerungen ohne Anwendung von Brennern entstanden, wie wir bereits oben solche kennen gelernt und auch in der Praxis, selbst für diskontinuierlichen Betrieb, schon seit langer Zeit sich sehr gut bewähren und sogar bis zu 40 % Kohlenersparnis oder dem entsprechend größere Dampfproduktion erzielt worden, und in den Rauchgasen durch Analysen einen Kohlensäuregehalt von durchschnittlich 16 % nachgewiesen, also ein Resultat, welches durch die Hohlstein- und andere Brenner nicht übertroffen worden ist. Zudem ist die Bedienung einer solchen Feuerung verhältnismäßig viel einfacher als die einer Feuerung mit Brennern, denn die letzteren liegen dicht über der Kohlenschicht, sodaß die Schlacken bei Planrosten sich nicht bequem herausziehen oder schieben lassen, und wird durch Vernachlässigung des Heizers die Brennmaterialschicht zu niedrig gelassen, so entsteht schon eine Flamme unter dem Brenner und geschieht dies oft, so ist in aller Kürze der Brenner verbrannt.

Um das Abschlacken bei Planrosten zu erleichtern, läßt man das Brennmaterial vorher so viel wie möglichst herunterbrennen. Vor Beendigung der Tagesarbeit wird nicht abgeschlackt, sodaß es beim Stillstand des Betriebes ganz abgebrannt ist.

Zweiter Abschnitt.

Betriebs-Verhältnisse.

Zur richtigen Beurteilung einer Dampfkessel=Anlage ist eine genauere Untersuchung des Zusammenhanges der einzelnen auf den Kohlenkonsum und die Dampfproduktion Einfluß nehmenden Faktoren nötig. Schon der Umstand, daß zwischen den kalorischen Werte der verschiedenen Stein= und Braunkohlen, ein großer Unterschied besteht, muß das Unsichere einer Kontrollweise kennzeichnen, die nur unter der Bedingung ein halbwegs richtiges Resultat liefert, daß der verbrauchte Dampf und die konsumierte Kohle, sowie ihre Qualität und die Art und Weise ihres Konsumes ganz bestimmten Verhältnissen entspricht.

In den seltensten Fällen findet man aber Anlagen, wo solche Verhältnisse aller einflußnehmenden Faktoren harmonisch ineinander greifen. Nicht vereinzelt sind die Fälle, wo schon bei der Anlage des Dampfkessels derselbe den thatsächlichen Bedürfnissen nicht entspricht, aber sehr zahlreich sind solche, wo der größer gewordene Betrieb von dem gleichgebliebenen Dampferzeuger eine größere Leistung fordert. In solchen Fällen ist man weit von der dieser Verhältniszahl zu Grunde liegenden Bedingungen entfernt, und die damit erreichten Resultate werden ganz unrichtig.

Es soll nun hier zunächst untersucht werden, welche Momente hauptsächlich von Einfluß auf die Dampfproduktion und den Kohlenkonsum sind.

Berücksichtigt man dann in richtigem Maße dieselben bei einem vorliegenden Versuche über die Leistung eines Dampfkessels, so wird man Resultate erhalten, die mit der Praxis hinreichende Übereinstimmung haben, und dem Kesselbesitzer jenen Einblick gestatten, der vor Allem nötig ist, soll der Kohlenbedarf resp. die Leistung des Kessels, nicht unrichtig beurteilt werden.

Je größer die Wärmemenge ist, welche man in der Zeiteinheit einem Körper zuführt, der Wärme noch aufzunehmen im Stande ist, desto größer wird die wirklich aufgenommene Menge sein. Es wird also bei einem Kesselbleche (hier andere Umstände nicht in Betracht gezogen) die transmittierte Wärme in erster Linie abhängen von der demselben zugeführten Wärmemenge. Von der Wärmetransmission ist aber wieder die Verdampfungsfähigkeit abhängig und daher ist diese resp. die Dampfproduktion des Kessels keine konstante, sondern eine Größe, welche mit dem jeweiligen stärkeren oder schwächeren Betrieb desselben steigt oder fällt.

Keineswegs läßt sich die Dampfproduktion eines Kessels in infinitum steigern, sondern ist an Grenzen gebunden. Diese sind aber so ausgedehnt, daß die Praxis für die Dampferzeugung von Grenzwerten nie Gebrauch machen wird. Wärmetransmission und Verdampfungsfähigkeit stehen also in einer Relation zu einander.

Kennt man diese gegenseitigen Verhältnisse in einem vorliegenden Falle, so kann man auch einen Schluß ziehen, ob zu der bestimmten Leistung des Kessels nicht übermäßig viel Brennmaterial verbraucht wird, und dies ist

es aber eben, was die meisten Kesselbesitzer wissen wollen und die wenigsten richtig konstatieren können.

Mißt man bei einem Kessel während längerer Zeit (z. B. einige oder besser mehrere Tage) die Quantität der verbrannten Kohlen und gleichzeitig die Menge des demselben zugespeisten Wassers, so drücken diese beiden Zahlen offenbar das oben angeregte Verhältnis der Wärmetransmission zur Verdampfungsfähigkeit aus.

Damit ist, möchten wir sagen, die Basis für alle zur Beurteilung wichtigen Verhältnisse geschaffen.

Man kann z. B. sofort (nachdem man bei einem vorliegenden Fall die Größe der Kesselheizfläche kennt) ausrechnen:

1) Wie viel Kilo Wasser 1 Quadratmeter Heizfläche pro Stunde verdampft?

2) Wie viel Kilo Kohle 1 Quadratmeter Heizfläche pro Stunde konsumiert?

3) Wie viel Kilo Wasser 1 Kilo Kohle verdampft ꝛc.?

Diese Resultate geben Anhaltspunkte, welche in den meisten Fällen schon eine genauere Beurteilung über die Verhältnisse, unter welchen der Kessel arbeitet, zulassen.

Die Resultate gewinnen aber noch an Wert, wenn man bei Beurteilung eines vorliegenden Falles das von Prof. Radinger in seinem Ausstellungsbericht über die Dampfkessel der Wiener Weltausstellung angegebene Verfahren einschlägt, durch welches wenigstens vergleichende Zahlen für die Qualität des erzeugten Dampfes gefunden werden.

Bei Kesseln neueren Systems insbesondere jenen, wo eine sehr große Heizfläche einen verhältnismäßig kleinen Wasserraum einschließt, wo also seine große Heizfläche auf einen kleinen Raum zusammengepreßt ist, wird bei der Dampferzeugung viel Wasser in feinem verteilten Zustande mechanisch mitgerissen. Würde man bei einem solchen Kessel, aus der Größe der verbrauchten Wassermenge, lediglich einen Schluß auf seine besondere Güte ziehen, so hätte man eine teilweise mechanische Wirkung für eine wirkliche Leistung des Kessels gehalten, während sie doch nur eine schlechte Eigenschaft desselben gewesen wäre.

Herr Professor Radinger hat bei Beurteilung der verschiedenen Dampfkessel der Wiener Weltausstellung aus dieser Ursache die Dampfproduktion der einzelnen Kessel nicht per 1 Kilo verbrannter Kohle festgestellt, sondern die Dampfproduktion per 1 Quadrat-M. Heizfläche auf den Quadrat-M. Wasserspiegelfläche im Kessel reduziert und auf diese Weise unter gleich angenommener Heizfläche, ein Maß zur Beurteilung über die Qualität des Dampfes erhalten. Radinger führt an, daß bei einer Verdampfung von 20 Kilo per Quadrat-M. Heizfläche, die 1 Quadrat-M. Wasserspiegelfläche entsteigende Dampfmenge bei einfachem Zylinderkessel 40 Kilo ist und aus der von ihm zusammengestellten Tabelle läßt sich entnehmen, daß diese Dampfmenge

bei Zylinderkessel mit zwei Unterkesseln und bei Flammrohrkessel ca.	70—80	Kilo
bei Zwei-Flammrohrkessel mit Galloway-Röhren	90	„
bei Röhrenkessel ca.	250	„
bei Howardkessel ca.	4500	„
und bei Bellevillkessel ca.	16800	„

betragen.

Diesen beiden letztgenannten Systemen gilt wohl die Bemerkung: „Dort wo der Dampf mit der Geschwindigkeit, wie die Luft durch die Rostspalten, durch die oberste Wasserschicht bricht, wo er gleichsam im Schaum geboren wird, geht natürlich ein Schluß von dem zugebrachten auf das verdampfte Wasser nicht an."

Es ist demnach insbesondere für die neueren Kessel- und Feuerungs-Systeme, ferner aber zur Beurteilung zweier verschiedener Feuerungskesselsysteme, ebenso wie zur Erkenntnis, in welchem Maße ein altes Kesselsystem forçiert wird, sehr empfehlenswert, auch diese Untersuchung den vorgenannten anzureihen. Dies scheint uns aber insbesondere von nicht zu unterschätzendem Werte, in allen jenen Fällen, wo der erzeugte Dampf nicht nur allein zur Hervorbringung eines dynamischen Effektes, sondern auch in direkte Verwendung zum Erwärmen und Kochen von Flüssigkeiten, zum Dämpfen von Rohprodukten und Halbfabrikaten ꝛc. kommt.

Wo der erzeugte Dampf lediglich zur Hervorbringung eines dynamischen Effektes dient, ist die Dampferzeugung eine ziemlich gleichmäßige, man kann sagen, nur von der Wärmezufuhr abhängige. In Fällen, wo der Dampf in direkte Benützung (offener Dampf) kommt, ist die Dampfentnahme eine ziemlich unregelmäßige, häufig enorm gesteigerte, so daß auch durch Druckverminderung eine Dampfproduktion stattfindet. Es ist die Verdampfung in dem letzteren Falle eine wesentlich andere als im erstgenannten, und nicht die Untersuchung, wieviel Wasser verdampft wurde, allein, giebt den richtigen Aufschluß, sondern noch die Konstatierung, wie die Beschaffenheit dieses Dampfes war, giebt zusammen ein richtiges Bild von der thatsächlichen Leistung des Kessels, resp. Verwertung des Brennmaterials.

Die Betrachtung der weiter unten zusammengestellten Versuchsberichte wird das Gesagte klarer machen, und gleichzeitig zeigen, welche wichtigen Aufklärungen solche Versuche an bestehenden Kesselanlagen geben. Wir werden da u. A. auch finden, wie oft Kessel übermäßig forçiert werden.

Bei forçiertem Betriebe sind stets Wärmeverluste verbunden, wodurch die Ausnützung des Brennmaterials eine ungünstige wird.

Nicht das Kesselsystem allein ist es immer, welches nässeren Dampf liefert, sondern der forçierte Betrieb. Würde man im stande sein, die bei der Dampferzeugung mechanisch mitgerissene Wassermenge von der in Dampf verwandelten absolut rein zu trennen, so wäre die wirklich verdampfte Menge nur ein Prozentsatz der zugebrachten Wassermenge, und die von 1 Kilo Kohle produzierte Dampfmenge stellte sich dann niedriger, würde aber, bei den verschiedenen Kesselsystemen und verschieden starken Betriebe der einzelnen jedenfalls die der wirklichen Kohlenausnützung näher liegenden Wert angeben. Zu bemerken ist hierbei noch, daß dieser Prozentsatz der zugebrachten Wassermenge (die verdampfte Wassermenge) nicht nur allein kein konstanter bei den verschiedenen Kesselsystemen, sondern auch verschieden bei ein und demselben Kessel, je nachdem die pro □Einheit verbrauchte Wassermenge sich ändert, d. h. der Kessel mäßig betrieben oder forçiert wird.

In allen Fällen, in welchen Kessel längere Zeit während der täglichen Betriebsdauer forçiert werden müssen, sind dieselben für einen vorteilhaften Betrieb zu klein und hat man dies durch die früher angedeutete Untersuchung konstatiert, so handelt es sich für den betreffenden Kesselbesitzer darum, die für die notwendige Leistung desselben entsprechende Größe zu finden; ferner

zu untersuchen, wie sich für diesen größeren Kessel unter gleicher Leistung der Kohlenkonsum verhält.

Für mäßig angestrengt gilt ein Kessel, wenn derselbe pro Quadratmeter Heizfläche ca. 20 Kilo Wasser pro Stunde verdampft.

Eine Untersuchung an einer bestehenden Dampfkesselanlage ist wohl geeignet, manchen Industriellen einen sehr schätzenswerten Fingerzeig zu geben.

In vielen Fällen wäre aber dadurch der betreffende Kesselbesitzer in der Lage, sich selbst einen Einblick zu verschaffen und vielleicht herauszufinden, wo es dem Kessel gebricht, ohne vorerst durch kostspielige Experimente Erfahrungen machen zu müssen.

Das Bestreben der Kesselverbesserer, Kohlen zu sparen, ist ein allgemeines. Es handelt sich in größeren Etablissements doch um bedeutende Summen, welche da Jahr aus Jahr ein in Rauch aufgehen, und nur einige Prozente Ersparnis daran, repräsentieren schon ein ganz schönes Kapital.

Man hat schon oft Gelegenheit gehabt, von Dampfkesselbesitzern zu hören, wie von dem neu gekauften Rost, dem oder jenem Kesselsteinpulver u. s. w. eine ganz unerhörte Kohlenersparnis gehofft wird — aber unerfüllt blieb, weil der Fehler in den einzelnen Kesselverhältnissen oder in der Betriebsart lag, der durch den neuen Rost nicht behoben wurde.

Wir können nur jedem Kesselbesitzer bestens empfehlen, seine Kesselanlage einer Prüfung zu unterziehen, und sind überzeugt, daß manche Mißverhältnisse dadurch aufgefunden werden, deren Abstellung von großem Vorteil für den ökonomischen Dampfbetrieb ist.

Prinzipien der Prüfung von Dampfkessel-Feuerungs-Anlagen.*)

Von Dr. A. Schondorff zu Grube Heinitz.

Die Beurteilung des technischen Wertes einer Feuerungsanlage basiert im Wesentlichen auf der Beantwortung der folgenden drei Fragen:

1) Gestattet die Ofenkonstruktion überhaupt, bei nicht forcierter Heizung im Ofen diejenige Temperaturhöhe zu erreichen, welche der Zweck des Ofens fordert?

2) Wie verhält sich die ausgenutzte Wärmemenge zu der im Ofen erzeugten?

3) Wie groß ist die pro Stunde ausgenutzte Wärmemenge?

Bei den Dampfkesselanlagen kann die Frage 1 vollkommen unberücksichtigt bleiben, da die erforderliche Temperaturhöhe (die Verdampfungstemperatur) so gering ist, daß sie selbst durch die unvollkommenste Heizungsanlage leicht überschritten wird. Bei anderen Feuerungsanlagen dagegen, wie z. B. bei Gasöfen, Glasöfen, Schmelzöfen u. s. w. darf die Bejahung dieser Frage durchaus nicht als selbstverständlich angenommen werden, und und hier entscheidet sie wesentlich über die Brauchbarkeit der Ofen.

Vergleicht man verschiedene dem nämlichen Zwecke dienende Feuerungsanlagen, oder die bei verschiedenen Betriebsweisen verschiedenen Leistungen der betreffenden Feuerungsanlage untereinander, so wird man im Allgemeinen derjenigen Anlage oder Betriebsweise den Vorzug geben müssen, bei welcher das Brennmaterial die größte Ausnutzung findet. Nehmen wir an, daß die

*) „Dampfkessel-Revisionsbericht" (1876) der Königl. Bergwerks-Direktion zu Saarbrücken.

Verbrennung im Heizraum eine vollständige ist (und dies wollen wir im folgenden stets voraussetzen, da nur unter dieser Bedingung von einer genügenden Ausnutzung des Brennmaterials die Rede sein kann), so ist die im Ofen ererzeugte Wärmemenge dem verbrauchten Brennmaterial proportional, und das in Frage 2 gesuchte Verhältnis zwischen ausgenutzter und erzeugter Wärmemenge bildet demnach ein Maß für die Ausnutzung des Brennmaterials.

Neben der relativen Wärmeausnutzung kommt bei der Abschätzung von Feuerungsanlagen, wenn auch in geringerem Grade, noch der in Frage 3 gesuchte absolute Wert der pro Stunde ausgenutzten Wärmemenge in Betracht, stets aber nur unter Berücksichtigung der Anlage und Betriebskosten der betreffenden Feuerungsanlagen. Denn es kann sehr wohl ein Ofen mit geringerer relativer Wärmeausnutzung doch vorteilhafter arbeiten, als andere zu gleichem Zwecke bestimmte, weil seine absolute Wärmeausnutzung zu den Anlage- und Betriebskosten in einem günstigeren Verhältnis steht.

In Nachfolgendem sollen die Prinzipien der technischen Wertbestimmung speziell für Dampfkesselanlagen näher erörtert werden.

1. Experimentelle Bestimmungen.

1) Mit Hülfe eines gasometrischen Apparates (Orsat-Apparat in Ermangelung eines besseren) sind die durch den Schornstein entweichenden Verbrennungsgase zu analysieren:

Die prozentige Zusammensetzung möge sich ergeben zu:

Kohlensäure $= \alpha$ %
Sauerstoff $= \beta$ „
Stickstoff $= \gamma$ „
Kohlenoxyd $= \delta$ „

Anmerkung 1. Die Rauchgas-Analyse ist zu verschiedenen Zeiten wiederholt vorzunehmen, auch während des Beschüttens der Roste. Die während der letzteren Operation erhaltenen Resultate sind dann bei der Bestimmung der Mittelwerte der Quotienten $\frac{b}{a}$ und $\frac{c}{a}$ in ähnlicher Weise im Verhältnis zu der Zeit in Rechnung zu ziehen, wie bei der Temperatur des Fuchses (Anmerkung 2).

2) An Wärmemessungen sind auszuführen die Bestimmungen der Temperatur t im Fuchs:

τ im Kesselhause,
ϑ das Speisewasser vor seinem Eintritt in den Kessel.

Anmerkung 2. Die Temperaturen sind zu verschiedenen Zeiten des Versuches zu bestimmen und aus den gefundenen Werten die Mittel zu ziehen.

Die Temperatur im Fuchse wird während des Beschüttens der Roste bedeutend vermindert sein. Dieselbe muß daher auch während dieser Operation bestimmt werden und wird dann am besten im Verhältnis zu der Zeit, welche das Beschütten dauert, in Rechnung gezogen. Beträgt nämlich die Zeit, während welcher beschüttet wurde, Z_1, die übrige Zeit Z_2, und ist die Temperatur während des Beschüttens t_1, so ist die mittlere Temperatur im Fuchse

$$t = \frac{Z_1 \cdot t_1 + Z_2 \cdot t_2}{Z + Z_2}.$$

3) Ferner ist zu ermitteln die Menge der pro Stunde verheizten Kohlen = K (ausgedrückt in Kilo) und die Menge des pro Stunde verdampften Wassers = H (ausgedrückt in Liter).

Anmerkung 3. Es ist durchaus nötig, den Kohlen- und Wasserverbrauch genau zu bestimmen, und muß man deshalb den Versuch jedesmal auf eine größere Anzahl von Stunden gleichmäßigen Betriebes ausdehnen.

Auch hat man genau darauf zu achten, daß sich die Beschüttung des Rostes und das Wasser im Kessel möglichst in demselben Zustand am Ende des Versuches wie am Anfange desselben befindet. Man wird Letzteres am Leichtesten erreichen, wenn man sowohl das Beschütten der Roste wie auch das Auffüllen der Kessel in bestimmten Intervallen nach der Uhr und zwar bei allen Rosten und Kesseln gleichzeitig vornehmen läßt.

4) Endlich sei noch die Dampfspannung im Kessel = γ (in Atm.).

2. Theoretische Berechnungen.

1) Für die Kohlen der liegenden Flötzpartie des Saarbrücker Beckens kann als durchschnittliche Zusammensetzung angenommen werden:

Kohlenstoff = 75,3 %
Wasserstoff = 4,9 „
Sauerstoff = 8,8 „
Asche = 6,0 „
Wasser = 5,0 „

Es verbraucht daher 1 Kilo Kohle zur vollständigen Verbrennung
Sauerstoff = 2,312 Kilo = 1617 Liter (bei 0° C.)
oder Luft = 7700 Liter (bei 0° C.),
da die Volumenzusammensetzung der atmosphärischen Luft ist:
Sauerstoff = 21 %
Stickstoff = 79 %.

Bei der vollständigen Verbrennung bilden sich:
Kohlensäure = 2,761 Kilo = 1405 Liter (bei 0° C.)
und Wasser = 0,491 Kilo.

Es sind demnach für jedes durch den Schornstein entweichende Volumen Kohlensäure 1,151 Volumen Sauerstoff bei der Verbrennung verbraucht worden.

Ferner ergiebt sich der theoretische Heizeffekt nach der Formel:

$$345\left(H - \frac{1}{8}O\right) + 8^{0}\,C.$$

zu 7335 Kalorien.

2) In den durch den Schornstein entweichenden Verbrennungsgasen finden sich γ % Stickstoff. Mit diesem γ % Stickstoff sind $\frac{21}{79}\gamma$ % Sauerstoff in den Ofen getreten. Da sich nun in den Verbrennungsgasen nur noch β % Sauerstoff vorfinden so müssen

$$\left(\frac{21}{79}\gamma - \beta\right)\%\ \text{Sauerstoff}$$

bei der Verbrennung verbraucht worden sein.

Nach dem unter erstens Gesagten ergiebt sich auch die Menge des verbrauchten Sauerstoffs aus der Menge der gebildeten Kohlensäure, nämlich:

$$= 1{,}151\,\alpha\ \%.$$

Beide Werte für den Sauerstoff müssen mit anderen übereinstimmen, und es müssen demnach bei genau ausgeführter Analyse die Größen α, β und γ (δ wird = Null angenommen) die Gleichung

$$1{,}151\,\alpha + \beta - 0{,}266\,\gamma = 0$$

erfüllen.

Letzteres ist aber stets nur mehr oder weniger annähernd der Fall, da die für technische Untersuchungen benutzten, schnell arbeitenden gasometrischen Apparate durchaus nicht den genügenden Grad von Genauigkeit bieten. Man kann daher die obige Gleichung benutzen, um von den Größen α, β und γ eine vorteilhafte Korrektur vorzunehmen, und zwar wird das am zweckmäßigsten nach dem folgenden System geschehen:

Setzen wir:

$$1{,}151\,\alpha + \beta - 0{,}266\,\gamma = \varkappa$$

und bezeichnen durch a, b und c die korrigierten Werte von α, β und γ, so ist

$$a = \alpha - 0{,}290\,\varkappa$$
$$b = \beta - 0{,}333\,\varkappa$$
$$c = \gamma + 1{,}253\,\varkappa.$$

Die drei korrigierten Werte a, b und c genügen der Bedingungsgleichung

$$1{,}151\,a + b - 0{,}266 \cdot C = 0,$$

doch ist wohl zu beachten, daß sie nicht mehr wie α, β und γ Prozentzahlen sind. Sie ließen sich leicht in solche umrechnen, indessen ist dies eine unnötige Arbeit, da es für die folgenden Berechnungen vollkommen genügt, zu wissen, daß Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff in dem Verhältnis

$$a : b : c$$

in den Verbrennungsgasen vertreten sind.

3) Dem Stickstoffvolumen c entspricht das Luftvolumen $\frac{100}{79} \cdot c = 1{,}266 \cdot c$, dem Sauerstoffvolumen b das Luftvolumen $\frac{100}{21}\,b = 4{,}762 \cdot b$. Von je 1,264 · c Volumen Luft, welche in den Ofen getreten sind, entweichen demnach 4,762 · b Volumen unverbraucht durch den Schornstein, während

$$(1{,}266 \cdot c - 4{,}762 \cdot b) \text{ Volumen}$$

den für die Verbrennung nötigen Sauerstoff lieferten. Es wird hiernach der Wert

$$P = \frac{1{,}266 \cdot c - 4{,}762 \cdot b}{1{,}266 \cdot c} = 1 - 3{,}762\,\frac{b}{c}$$

angeben, ein wie großer Teil der in den Ofen strömenden Luftmenge für die Verbrennung ausgenutzt wurde, und daher zweckmäßig als Quotient der Luftausnutzung bezeichnet werden.

Die überschüssige, nicht zur Verbrennung verwendete Luft vermindert die Temperatur der Verbrennungsgase und beschleunigt ihren Durchgang durch die Feuerzüge. Da nun die Wärmeabgabe der Feuergase an die Kesselwände einerseits mit der Differenz zwischen den Temperaturen der Feuergase und der Kesselwände zunimmt, andererseits auch um so größer ist, je langsamer die Gase die Feuerzüge durchstreichen, so muß die Wärmeausnutzung um so günstiger sein, je größer der Quotient P ist. Wäre P = 1, so würde nur genau soviel Luft in den Ofen strömen, wie bei einer vollständigen Verbrennung verbraucht wird. Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß, wenn nicht ein gewisser Überschuß an Sauerstoff vorhanden ist, eine teilweise unvollständige Verbrennung zu Kohlenoxydgas erfolgt, was durchaus zu vermeiden bleibt. Wie groß der Sauerstoffüberschuß sein muß, ist nicht bekannt, auch wird dies wohl für ver-

schiedene Öfen verschieden sein. Man muß daher für jede Kesselanlage durch wiederholte Rauchgas-Analysen bei verschieden gestellten Registern denjenigen Maximalwert π von P zu ermitteln suchen, über welchen hinaus P nicht wachsen darf, ohne daß Kohlenoxydgas-Bildung erfolgt. Bei der Ermittelung dieses Wertes π, den man zweckmäßig als Quotienten der günstigsten Luftausnutzung bezeichnet, hat man selbstverständlich auch auf eine möglichst gleichmäßige und nicht zu hohe Beschüttung der Roste zu achten, da bei zu bedeutender Schütthöhe eine Kohlenoxydgas-Bildung kaum zu vermeiden sein wird.

4) Die im Ofen erzeugte Wärmemenge kann, wie schon früher erwähnt wurde, der verbrauchten Kohlenmenge (K) proportional gesetzt werden, und zwar ist, wenn wir durch W die pro Stunde erzeugte Wärmemenge bezeichnen, für die Kohlen der liegenden Flötzpartie des Saarbrücker Beckens

$$W = 7335\ K \text{ Kalorien.}$$

Bei dieser Bestimmung ist freilich vorausgesetzt, daß aller Brennstoff der verheizten Kohle wirkich verbrennt, und dies ist genau genommen nicht der Fall; denn einesteils geht ein Teil des Brennstoffs in Gestalt von Ruß verloren, außerdem fällt ein anderer Teil als Zinder mit der Asche durch den Rost. Der Ruß aber kann unbeachtet bleiben, da er, sehr leicht und voluminös, viel gewichtiger scheint, als er wirklich ist; denn man wird wohl eine ganze Anzahl Zentner Kohle verheizen müssen, bevor sich ein Kilo Ruß gebildet hat. Will man aber die Zinder in Rechnung ziehen, so kann es einfach derart geschehen, daß man das durch den Rost gefallene sammelt und wiegt, und das, was es mehr als die 6 % Asche beträgt, von der verheizten Kohlenmenge (K) in Abzug bringt.

5) Die Menge der pro Stunde ausgenutzten Wärme, welche wir mit w bezeichnen wollen, ergiebt sich aus der pro Stunde verdampften Wassermenge (H). Bezeichnen wir nämlich durch T die Temperatur, welche den im Kessel herrschenden Atmosphärendruck p entspricht, so erfordert nach Regnault 1 Kilo Wasser von 0°, um in Wasserdampf von p Atmosphärendruck verwandelt zu werden, eine Wärmemenge von

$$(606{,}5 + 0{,}305\ T) \text{ Kalorien.}$$

Da nun das Speisewasser mit einer Temperatur von ϑ^0 in den Kessel gelangt, so ist

$$w = H\ (606{,}5 + 0{,}305\ T - \vartheta) \text{ Kalorien.}$$

6) Bezeichnen wir den Quotienten $\frac{w}{W}$ durch Q, so giebt der Wert von

$$Q = \frac{H}{7335\ K} \cdot (606{,}5 - 0{,}305\ T - \vartheta)$$

an, ein wie großer Teil der erzeugten Wärmemenge zur Verdampfung des Wassers ausgenutzt wird, und kann daher als Quotient der Wärmeausnutzung bezeichnet werden. Wäre Q = 1, so würde alle erzeugte Wärme für den Zweck des Ofens verwandt werden. Dies ist aber niemals möglich, da stets ein größerer oder geringerer Teil der erzeugten Wärme notwendig verloren gehen muß.

7) Der pro Stunde erfolgende Wärmeverlust läßt sich nach seiner verschiedenen Ursache in zwei Teile, u und v, zerlegen.

Der erste Teil u besteht aus derjenigen Wärme, welche die dem Ofen entströmenden Verbrennungsgase mit sich fortführen. Er läßt sich aus der Menge, Zusammensetzung und Temperatur der den Fuchs durchströmenden Verbrennungsgase wie folgt berechnen.

Für jedes Kilo verbrannter Kohle müssen nach erstens in den Rauchgasen
Kohlensäure = 2,761 Kilo = 1405 Liter, Wasser = 0,491 Kilo
aus dem Ofen entweichen und mit diesen, der ermittelten Zusammensetzung der Rauchgase zufolge,

$$\text{Sauerstoff} = 1405\,\frac{b}{a}\ \text{Liter} = 2{,}009\,\frac{b}{a}\ \text{Kilo}$$

$$\text{Stickstoff} = 1408\,\frac{c}{a}\ \text{„} = 1{,}765\,\frac{c}{a}\ \text{Kilo.}$$

Demnach werden den Fuchs überhaupt pro Stunde durchströmen:

$$\text{Kohlensäure} = 2{,}761\ K\ \text{Kilo}$$

$$\text{Sauerstoff} = 2{,}009\,\frac{b}{a}\ K\ \text{Kilo}$$

$$\text{Stickstoff} = 1{,}765\,\frac{c}{a}\ K\ \text{Kilo}$$

$$\text{Wasser} = 0{,}491\ K\ \text{Kilo.}$$

Da nun die Temperatur im Fuchs sich zu t^0 ergiebt, die spezifische Wärme
des Sauerstoffs = 0,2175
des Stickstoffs = 0,2438
der Kohlensäure = 0,2025
des Wassers = 1,0444 (bei zirka 200° C.)
ist, und endlich die Verdampfungswärme (unter gewöhnlichem Luftdruck) von 1 Kilo Wasser 536 Kalorien beträgt, so ist die Wärmemenge, welche die obigen Rauchgase mehr als bei 0° Temperatur in sich enthalten, in Kalorien:

$$= \Big\{(0{,}2025 \cdot 2{,}761) + (0{,}2175 \cdot 2{,}009)\,\frac{b}{a} + (0{,}2438 \cdot 1{,}765)\,\frac{c}{a} + (1{,}0444 \cdot 0{,}491)\Big\} \cdot t \cdot K + (0{,}491 \cdot 536)\ K \cdot$$

oder also:

$$= \Big\{(0{,}589 + 0{,}437\,\frac{b}{a} + 0{,}430\,\frac{c}{a} + 0{,}513) \cdot t + 263{,}176\Big\}\ K.$$

Bringt man hiervon diejenige Wärmemenge in Abzug, welche die Gase vor der Verbrennung bei der Temperatur des Kesselhauses (τ) enthielten, so ergiebt sich der erste Teil des Wärmeverlustes:

$$u = \Big\{(0{,}559 + 0{,}437\,\frac{b}{a} + 0{,}430\,\frac{c}{a} + 0{,}513)\,(t - \tau) + 263{,}176\Big\}\ K.$$

Der Verlust u wird demnach für dieselbe Menge verbrannter Kohlen um so geringer sein, je niedriger die Temperatur t im Fuchse ist und je kleiner die Größen b und c, d. h. je ärmer die Rauchgase an Sauerstoff und Stickstoff sind.

Der zweite Teil des Wärmeverlustes v wird durch die Ausstrahlung des Ofens bewirkt. Er läßt sich nicht direkt berechnen, sondern ergiebt sich aus der Gleichung:

$$v = W - w - u.$$

Dieser zweite Verlust muß für jeden einzelnen Ofen eine nahezu konstante Größe sein, da er fast nur von der Temperatur des Kesselhauses und dies auch nur wenig beeinflußt wird.

Hat man es unterlassen, die durch den Rost fallenden Zinder vom Brennstoff in Abrechnung zu bringen, oder findet während des Versuches eine sehr starke Rußbildung statt, so wird auch der von der ungenügenden Verbrennung des Heizmaterials herrührende Wärmeverlust mit in v einbegriffen sein, und alsdann kann freilich der Wert desselben wesentlich variieren.

3. Beispiel.

Als Beispiel mögen die Resultate einer Versuchsheizung betrachtet werden, welche Herr Kesselrevisor Pinno mit der Kesselanlage bei den Dechenschächten I und II vorgenommen hat.

Die experimentellen Ergebnisse des Versuches waren:

Wasserverbrauch pro Stunde $H = 4778$ Liter
Kohlenverbrauch „ „ $K = 833$ „
Dampfspannung $p = 3{,}5$ Atm. ($T = 140^0$)
Temperatur im Fuchs $t = 270^0$
„ „ Kesselhaus $\tau = 23^0$
„ des Speisewassers $\vartheta = 70^0$.

Außerdem wurden zwei Analysen der Rauchgase unternommen, welche ergaben:

$\alpha = 6{,}2$ und $6{,}0$
$\beta = 13{,}8$ „ $14{,}5$
$\gamma = 80{,}0$ „ $79{,}5$
$\delta = 0{,}0$ „ $0{,}0$.

Für diese Werte berechnet sich der Korrektions-Koeffizient

$\varkappa = -0{,}34$ und $+0{,}26$

und es sind demnach die korrigierten Werte:

$a = 6{,}3$ und $5{,}92$
$b = 13{,}91$ „ $14{,}41$
$c = 79{,}57$ „ $79{,}83$
$99{,}78$ und $100{,}16$

Daraus ergibt sich der Quotient der Luftausnutzung

$P = 0{,}342$ und $0{,}321$

oder im Mittel

$$P = 0{,}332.$$

Es würde also schon 1/3 der den Ofen durchströmenden Luftmenge den für die Verbrennung nötigen Sauerstoff geliefert haben.

Für die spätere Berechnung des Wärmeverlustes u ergeben sich noch aus den obigen Zahlen die Werte

$$\frac{b}{a} = 2{,}208 \text{ und } 2{,}434$$

$$\frac{c}{a} = 12{,}630 \text{ „ } 13{,}485$$

Bei der Berechnung sind die Mittel aus beiden Wertpaaren:

$$\frac{b}{a} = 2{,}321$$

$$\frac{c}{a} = 13{,}057$$

zu benutzen.

Ferner ergiebt sich die pro Stunde erzeugte Wärmemenge:

$W = 6110055$ Kalorien

und die pro Stunde ausgenutzte Wärmemenge:

$w = 2767418$ Kalorien.

Also ist der Quotient der Wärmeausnutzung:

$$Q = 0{,}453.$$

Endlich sind noch die Wärmeverluste pro Stunde:

$u = 1887014$ Kalorien
$v = 1455626$ Kalorien.

Über Kesselfeuerung.*)

Von den Inspektoren Al. Bock und Zwiauer in Brünn.

England und Amerika besitzen zweierlei Steinkohlen, von welchen beiden der Anthracit die vorzüglichste und älteste Kohle ist und viele sehr wertvolle Eigenschaften hat, unter denen die rauch- und rußfreie zu verbrennen und hohen Wärmeeffekt zu geben, obenan stehen. Die minder beliebte Kohle ist bituminöse, backende oder mürbe Kohle, welche in ihren Eigenschaften den meisten von unseren Steinkohlen sehr nahe kommt. Ihre Verbrennung ist nicht so leicht und vollständig, ihr Gasreichtum verursacht leicht Rauch und Ruß, obgleich ihr Heizwert häufig dem des Anthracit gleicht, ja denselben sogar übertrifft. — Wir stehen nun bei der Beurteilung der vorliegenden Verhältnisse vor der Frage: „Wenn der Unterschied zwischen dem Heizeffekt der beiden Kohlen so gering ist, wie kommt es, daß wir unsere Kohle gegenüber der englischen und amerikanischen so sehr unterschätzen?

Betrachten wir zunächst die theoretischen Heizeffekte, wie sie nach Favre & Silbermann aus der Elementar-Analyse der Kohlen berechnet werden, so finden wir im großen Durchschnitt für

	Anthracit,	unsere Kohle.
theoretischer Effekt in Kalorien	8100	7700
und die theoretische Verdampfung von 0° Wasser zu 100° Dampf per 1 Kilo Kohle	12,7	12,1

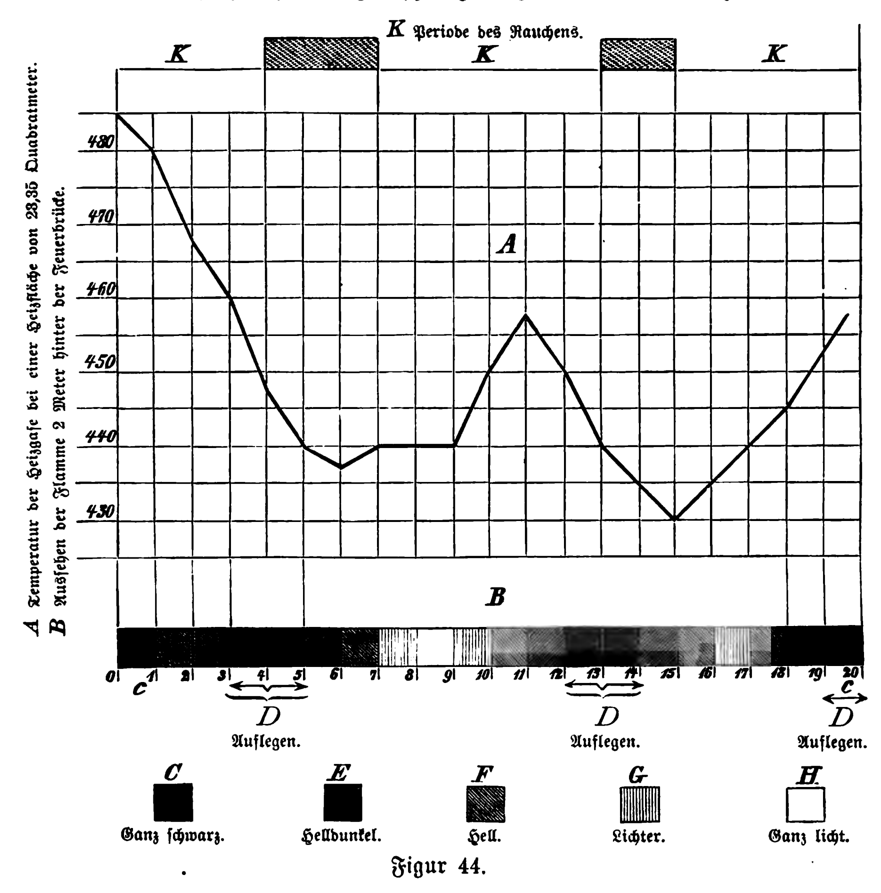
Wir sehen, daß der Unterschied in der theoretischen disponiblen Wärmemenge der beiden Kohlengattungen ein sehr geringer ist, und zwar so gering, daß hieraus gewiß kein ernster Nachteil für uns erwachsen könnte, wenn nicht ein anderer Umstand hinzuträte, der allerdings geeignet ist, einen tiefen Schatten auf den Wert unserer Kohlen zu werfen.

Alle Kohlen, welche mit kurzer Flamme brennen (Anthracit), geben bei niedriger Brennstoffschicht und genügender Luftzuführung genau den kalorimetrischen Effekt, den die Elementar-Analyse berechnen läßt. Die Verhältnisse bei der Verbrennung der bituminösen Kohlen können wir nicht besser als durch ein Zitat aus Rankine's Steam enyine, Seite 270, erörtern:

„Es bilden sich Kohlenwasserstoff-Verbindungen, welche sich ebenfalls in gasigem Zustande befinden, bevor sie verbrannt werden. Wenn diese Verbindungen, zu denen auch Erdpech, Teer, Naphtha 2c. gehören, bei ihrem Entstehen mit genügender Luftmenge gemischt werden, so verbrennen sie mit transparenter blauer Flamme, wobei Kohlensäure und Wasserdampf entsteht. Wenn sie aber zur Rotglut erhitzt werden, bevor sie mit frischer Luft gemischt sind, so zerfallen sie und Kohlenstoff scheidet sich in Form von feinem Pulver aus, und je höher die Temperatur, desto mehr Kohlenstoff scheiden die Gase aus. Wenn der ausgeschiedene Kohlenstoff unter die Entzündungstemperatur abgekühlt wird, bildet er, im Verbrennungsgase schwebend, Rauch. Wird der ausgeschiedene Kohlenstoff an festen Körpern abgelagert, so entsteht Ruß. Wenn der ausgeschiedene Kohlenstoff aber auf der Entzündungstemperatur erhalten wird und mit genügender Sauerstoffmenge in Berührung kommt, so verbrennt er mit roter, gelber oder weißer Flamme. Je länger die Flamme eines Brennstoffes ist, desto langsamer geht die Verbrennung vor sich."

*) Zeitschrift Nr. 10, 1880 der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. Wien.

Die Bestätigung dieses Vorganges finden wir bei allen Feuerungen, bei denen das Brennmaterial partieenweise in gewissen Zeitintervallen aufgegeben wird. Es wurden bei einem Heizversuch die Temperaturen der Rauchgase bei einer bestimmten Heizfläche und gleichzeitig die Farbe der Flamme zirka 2 Meter



Figur 44.

hinter der Feuerbrücke beobachtet, und es hat sich hierbei in zwei Phasen der Beschickung das ergeben, was die Figur 44 darstellt. Es bedeutet in derselben: *c* Minuten, *D* Auflegen, *C* Ganz schwarz, *E* Helldunkel, *F* Hell, *G* Lichter, *H* Ganz licht; die seitlichen Zahlen die Temperaturen, *K* Periode des Rauchens.

Das Aufwerfen erfolgte als die Flamme anfing zu erblassen, d. h. sobald alle Kohlenwasserstoff-Verbindungen aus dem aufgelegten Brennstoff entwichen waren. Bei dem Neuauflegen verdunkelte sich die Flamme vollständig. Es entstanden nämlich durch die Wirksamkeit der Wärme des Feuerraumes Kohlenwasserstoff-Verbindungen in solcher Menge, daß die vorhandene Luftmenge nicht im stande gewesen wäre, dieselben zu verbrennen, selbst wenn die Temperatur des Heizraumes, welche durch das Öffnen der Feuerthüren ziemlich erniedrigt wurde, genügend hoch gewesen wäre. Es ist dies um so leichter begreiflich, als beim Aufwerfen frischen Brennstoffes die Durchgangskanäle verstopft wurden und durch den Zug erst wieder neu geschaffen werden mußten. Diese anfäng-

lich unvollkommene Verbrennung (bei welcher jedoch keine Spur von Kohlenoxydgas entsteht) wird um so eher zu vermeiden sein, je dünner die neue Schicht im Verhältnis zu der in Verbrennung begriffenen ist, und in je kleineren Partieen und Zeitintervallen aufgelegt wird. Es folgt hieraus die Bedingung, mit hoher Brennstoffschicht zu arbeiten, und zwar mit um so höherer, je gasreicher die Kohle ist und je mehr die Kesselwände abkühlend auf das Brennmaterial wirken, worauf wir später noch einmal zurückkommen.

Ein großer Teil der entstehenden Kohlenwasserstoff-Verbindungen entzündet sich erst bei sehr hohen Temperaturen und verlangt genügenden Raum, ohne mit abkühlenden Wänden in Kontakt zu kommen. Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so zerfallen diese Verbindungen und die Gase entweichen wenigstens teilweise unverbrannt. Man sieht, daß eine hohe Temperatur im Feuerraum eine unerläßliche Bedingung für die günstige Ausnutzung des Brennmaterials ist, und diese kann nur erreicht werden, wenn die zur Verbrennung zugeführte Luftmenge möglichst gering ist. Nehmen wir an, eine Kohle enthalte 75 % Kohlenstoff
4 % Wasserstoff
21 % Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Wasser und Asche,
ihr theoretischer Heizeffekt sei 7410 Kalorien und das theoretisch nötige Luftgewicht 10 Kilo. Die bei dieser theoretischen Verbrennung entstehende Temperatur ist 2140° C. über der ursprünglichen, wenn angenommen wird, daß leichter Kohlenwasserstoff entsteht, welcher 12 Gewichtsteile Kohlenstoff bindet; nun können aber auch schwere Kohlenwasserstoffe entstehen, wodurch die Initial-Temperatur weiter erniedrigt wird.

Bei gewöhnlichen, recht und schlecht betriebenen Kesselfeuerungen ist die wirklich zugeführte Luftmenge die zwei- bis dreifache theoretische, wodurch die zu berechnende Initial-Temperatur bis auf 700° herabsinkt. Bei dieser Temperatur verbrennen die Kohlenwasserstoffe nicht mehr und bilden Rauch und Ruß in reichlicher Menge, wie wir dies so häufig sehen, vom Auflegen bis zu dem Augenblick, wo das Brennmaterial die Eigenschaften des Kokes erlangt hat und kein Gas mehr entwickelt.

Vielfach durchgeführte Versuche haben ergeben, daß die Verluste, welche durch diese unvollkommene Verbrennung entstehen können, bis 25 % der ganzen disponiblen Wärmemenge betragen und daß dieselben leicht bedeutend ermäßigt werden können.

Die rationellste Behandlung eines Brennstoffes für eine gegebene Anlage ausfindig zu machen, ist nur an der Hand sorgfältig durchgeführter Versuche möglich — sonst sind die Besitzer stets mehr oder weniger auf die eigenen Anschauungen des Heizers angewiesen zu glauben, welches Brennmaterial und welche Behandlungsweise die vorteilhafteste ist.

Wie schädlich eine zu große Luftzuführung auf den Effekt einer Feuerungsanlage ist, wollen wir hier an einem früher durchgeführten Versuche beleuchten. Die Analyse der verwendeten Kohle ergab folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	76,83
Wasserstoff	4,61
Sauerstoff	8,69
Schwefel	1,05
Asche	4,28
Wasser	4,54
	100,00

Der theoretische Heizeffekt wurde zu 7424 Kalorien berechnet, und das theoretische nötige Luftgewicht ist 10,03 Kilo. Die Versuche ergaben:

	I.	II.
Zur Verdampfung wurden verwendet	3622	4599
Durch den Kamin gingen verloren	1238	1022
Durch durchfallen von Kohlen in den Aschenfall gingen verloren	276	95
Durch Ausstrahlung des Kesselmauerwerkes . . .	600	600
In Summa also	5736	6316
Es stellt sich demnach ein Verlust von	1688	1108
Kalorien durch unvollkommene Verbrennung heraus, welcher	22,6	14,9

Prozent der theoretischen Wärmemenge ausmacht. Die bedeutende Verschiedenheit dieser beiden Resultate rührt daher, daß im ersten Falle infolge der niedrigen Anfangstemperatur nur ein sehr geringer Teil der entstandenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen zur Verbrennung kam. Es wurden nämlich im ersten Fall der Essenschieber in seiner (zu hohen) Stellung den ganzen Tag über belassen, und überdies die Beschickung des (zu großen) Rostes derart ausgeführt, daß häufig ganz ausgebrannte Stellen auf dem Rost sichtbar wurden. Im zweiten Falle dagegen wurde bei verkleinertem Rost und größerer Schichthöhe der Essenschieber fortwährend reguliert und namentlich beim Schüren, Schlackenputzen und Auflegen fast ganz geschlossen. Die Temperatur der Rauchgase bei einer Heizfläche von 6,8 Quadratmeter, d. i. zirka 2 Meter hinter der Feuerbrücke zeigten Aenderungen von 680° bis 820°, während diese beim zweiten Versuch nur 790° bis 860° schwankten.

Man sieht hieraus deutlich, welchen großen Einfluß richtige Dimensionierung des Rostes und Bemessung der Luftzuführung auf den Brennstoffverbrauch hat.

Die Behandlung des Feuers im zweiten Fall war insofern verschieden von der des ersten Falles, als die frische Kohle häufiger und kleineren Partien auf die höhere Kohlenschicht auf den Rost aufgelegt wurde. Es zeigte sich merkwürdigerweise auch, daß das Durchfallen von Kohle durch die (feineren) Spalten des Rostes bei Haltung der höheren Kohlenschichten geringer war als bei niedriger, indem die Rückstände im ersten Falle 8,27 %, im zweiten Falle nur 5,82 % betrugen. Die Kohle verwandelte dabei Wasser von 0° in Dampf von 100°, im ersten Falle von 5,087 Kilo, im zweiten Falle 7,219 Kilo, und der Nutzeffekt der ganzen Anlage war im ersten Falle 49 %, im zweiten Falle 62 %.

Die meisten unserer Kohlen beanspruchen einen größeren Raum über dem Feuerherde, sodaß die Verbrennung vollständig vor sich gehen kann, bevor die Gase durch Berührung mit den Kesselwänden abgekühlt werden. Wie wichtig dieser Umstand ist, zeigt uns am besten ein Fall aus der Praxis. Dadurch, daß der Rost, welcher in einer Entfernung von 30 Zentimeter von dem Kesselbauch eines Oberkessels angebracht war, um 15 Zentimeter tiefer gelegt wurde, wurde nicht nur die nötige Dampfproduktion erzielt, sondern die Verbrennung, früher mit dickem schwarzem Rauch, wurde bedeutend rauchfreier und daher vollkommener.

Aus diesem Grunde eignen sich auch nur ganz magere, wasserstoffarme Kohlen für Innenfeuerung, namentlich in Flammrohren, wo nur ein sehr beschränkter Raum über dem Rost möglich ist. Gasreiche Kohlen geben in Flammrohren geringen Wärmeeffekt, und dort treten wahrscheinlich die oben berührten

Verluste in ihrem Maximum auf. Anders, wenn auch nicht vollkommen, ist die Verbrennung in hohen Feuerbüchsen, wie bei Lokomobilen und Lokomotiven. Diese Erwägungen führten wohl vor langer Zeit zur Einrichtung von Vorfeuerungen.

Wird die Kohle in einem Raum, der von schlechten Wärmeleitern gebildet ist, verbrannt, so entsteht die ganze, dem Verbrennungsprozeß zukommende Wärmemenge. Die dabei erzeugte Temperatur ist jedoch für Brennmaterial von so großem Heizeffekt wie unsere Steinkohlen, so hoch, daß bisher kein feuerfestes Material derselben dauernd zu widerstehen vermag. Auch die Kühlung der Wände und Gewölbe, welche in vielfachen Konstruktionen zur Anwendung kam, hilft nicht gegen den unausbleiblichen Ruin derselben.

Die Gasfeuerungen bei Flamm- und Gasöfen 2c. erzeugen eben so hohe und höhere Temperaturen; allein da man dabei diese Temperaturen unbedingt benötigt, so läßt man sich die periodisch wiederkehrenden Reparaturen und Erneuerungen willig gefallen.

Die Praxis hat gelehrt, daß minderwertige Brennmaterialien, Braunkohlen, Ligniten, Torf 2c. bei Vor- und Gasfeuerungen seit längerer Zeit mit vorzüglichem Erfolge angewandt werden, daß aber diese Feuerungsanlagen von um so kürzerer Dauer ist, je geringer der Wassergehalt der Kohle und je größer deren Heizwert ist.

Zur Erzielung der besten Ausnutzung der gasreichen Steinkohlen bleibt also nur das früher angegebene Mittel, nämlich die Erhöhung der Brennstoffschicht auf dem Rost bei großem Feuerraum und geringer Luftzufuhr. In einem im Engineering vom 23. Juli 1880 erschienenen Vortrag: „On the economic use of steam", sagte Mr. Charles Smith:

Einer der zufriedenstellenden Wege, um im Feuerraum eine hohe Temperatur zu erhalten, besteht in der Anwendung einer so dicken Feuerschicht, daß der Durchgang von zu viel Luft durch die Reibung in der Brennstoffschicht verhindert wird, wobei natürlich die Dicke der Kohlenschicht auf dem Rost von der Größe des angewandten Kohlenkornes abhängt und so reguliert werden muß, daß nicht zu viel Kok entstehen. Dies erhöht thatsächlich die Temperatur des Feuers; aber wir können gefragt werden, ob man nicht durch Hemmung des Zuges durch die Drosselklappe oder der Essenschieber oder sonstige Mittel dasselbe Resultat erzielen können. Wir können hierauf erwidern, daß man sich durch solche Mittel der Wirkung der dicken Kohlenschicht nur bis zu einer gewissen Grenze nähern kann, denn bei dünnem Feuer und schwachem Zug gelangen manche Gaspartikelchen in ihrer irrenden (erratik) Bewegung durch das Feuer nach abwärts und in den Aschenraum, so, das Steigen der Temperatur bis zu der sonst erreichbaren Höhe, verhindernd und das Feuer teilweise hemmend.

In manchen Fällen ist jedoch Drosselung des Zuges ein unverkennbarer Gewinn. In den St. Louis und Lead Oil Works vom Autor angestellte Experimente sowie Erfahrungen mit dem Dampfer James Howard zeigten, wenn der Reduktion des Zuges eine merkbare Verbesserung der Leistungsfähigkeit folgte.

Die oben ausgesprochenen Ansichten über die Vorteile und das Wünschenswerte eines so dicken Feuers, als es, ohne Kok zu liefern, behandelt werden kann, bei Verwendung von bituminöser Kohle, zu welchen Ansichten wir gelangten, stehen in befriedigender Uebereinstimmung mit dem Usus in den Lawrence Water Works, wo mit Kumberlandkohle eine Kohlenschicht von

16—18 Zoll Dicke (400—425 Millimeter) gehalten wird. Mr. E. D. Leovith bemerkte dem Autor, daß er unter den Kesseln der Pumpanlage in den Calumet- und Hecla-Minen bei einer minderwertigen Kohle ein Feuer von 24 Zoll (610 Millimeter) hielt. Lavington Fletcher experimentierte in Wigan (England) mit Feuern von 6 Zoll (150 Millimeter), 9 Zoll (220 Millimeter) und 12 Zoll (305 Millimeter) Dicke; die Resultate sprachen zu Gunsten der dicken Schicht, und bei anderen an demselben Orte abgehaltenen Versuchen mit Feuern von 6, 9, 12 und 14 Zoll Dicke zeigte sich die Vollkommenheit um so größer, je dicker das Feuer war.

Auch in Österreich mit westböhmischer Kohle angestellte Versuche wiesen bedeutende Vorteile für eine dicke Brennstoffschicht aus, und soll dabei der Heizeffekt um 20 % vergrößert worden sein. Bei Anwendung einer dicken Brennstoffschicht auf dem Rost ist ein guter Zug notwendig, der sich nur durch genügende richtige Querschnitte der Züge und des Kamins bewerkstelligen läßt. Die günstigsten Verhältnisse sind nur durch Anstellung von Heizversuchen zu ermitteln, denn es ist klar, daß dieselben für jede Anlage andere sein werden.

Wir empfehlen daher dringend die Ausführung von Versuchen, deren Resultate nur allein die Wege zu zeigen im stande sind, welche eingeschlagen werden müssen, um bestehende Kesselanlagen auf rationelle Weise und mit Erfolg zu verbessern.

Um sich von der Wichtigkeit solcher Versuche resp. Prüfungen zu überzeugen, geben wir in Nachfolgendem eine Reihe von Berichten über angestellte Betriebsversuche, die auch gleichzeitig als Leitfaden dienen mögen, wie man solche Versuche ausführlich zu handhaben hat.

Verdampfungsversuche

mit einem patentierten Batteriekessel von Pohlig*) und zum Vergleich mit einem Siederkessel mit Überhitzer.

Nachdem der Batteriekessel fertig eingemauert und auch das Mauerwerk gehörig ausgetrocknet war, wurde der erste Versuch vorgenommen. Da die zugehörige Dampfmaschine noch nicht fertig montiert war, mußte man sich vorläufig darauf beschränken, den Versuch bei offenem Mannloch bez. geöffneten Ventilen vorzunehmen. Mit den eigentlichen Messungen und Beobachtungen wurde 11 Uhr 25 Minuten Vormittags begonnen, nachdem vorher etwa vier Stunden regelrecht gefeuert und alles gut vorbereitet und für einen geordneten Betrieb eingerichtet war. Das Wasser war zum Sieden gebracht und der Rost und Aschenfall gründlich gereinigt; der Wasserstand wurde an beiden Gläsern, von denen das eine am ersten, das andere am letzten Kessel der oberen dritten Lage angebracht war, genau gemessen und notiert. Die Messung des in den Kessel eingepumpten Wassers geschah durch einen Kübel von bekanntem Inhalt, welcher in einem zweiten Kübel, aus dem die Hauptspeisepumpe saugte, abgelassen wurde; ebenso wurden die während des Versuches verbrauchten Kohlen in einzelnen Kasten auf einer zuverlässigen Wage gewogen. Das Feuern auf den getrennten Rosten geschah regelrecht dadurch, daß abwechselnd der eine Rost beschickt wurde, wenn das Feuer des anderen

*) III. Abschnitt.

Rostes klar und hell brannte. Es wurde dafür gesorgt, daß der Wasserstand möglichst konstant blieb, also langsam und nur soviel Wasser eingepumpt, als eben verdampfte.

Nach den gemachten Aufzeichnungen waren um 6 Uhr Nachmittag, nachdem man sich überzeugt hatte, daß Wasserstandshöhe und Feuer ziemlich genau mit dem zu Anfang des Versuches vermerkten Zustande übereinstimmten, 146,25 Kilo Steinkohlen verbrannt. Das während dieser Zeit verbrauchte Wasser, welches durchweg die gleiche Temperatur von 6° C. zeigte, betrug nach Abzug des im Dampfsammler befindlichen mitgerissenen Wassers 1536 Kilo, so daß auf 1 Kilo Kohlen 10,5 Kilo Wasser kommen.

Der aus dem Schornstein tretende Rauch wurde sorgfältig und zu verschiedenen Zeiten beobachtet, war meistens unsichtbar oder weißlich grau; selbst im Augenblicke der Beschickung zeigten sich kaum dunkle Rauchwolken, also ein Beweis für eine vollkommene Verbrennung. Die Temperatur der Verbrennungsgase wurde in Ermangelung eines besseren mit einem allerdings wenig zuverlässigen Pyrometer gemessen, welches 150° C. zeigte.

Im Übrigen ist noch zu bemerken, daß während des Versuches nur sehr schwach gefeuert werden konnte, weil sonst der wider alles Erwarten heftigen Zirkulation und Strömung von Wasser und Dampf in den Röhren wegen das Wasser der oberen Kessel so unruhig war, daß eine ganz genaue Beobachtung des Wasserstandes fast unmöglich wurde. Um diese Schwankungen für die Folge möglichst zu beseitigen, wurde von dem Konstrukteur des Kessels ein Kupferrohr durch den unteren Stutzen K jedes der oberen vier Kessel hindurchgesteckt, welches etwa 200 Millimeter vor der hinteren Kopfplatte ausmündete, wodurch erreicht wird, daß das aus den unteren Kesseln heraufkommende Wasser, besonders aber auch die Dampfblasen, am hinteren Teile der oberen Kessel aufsteigen, so daß vorn, also an der Stelle, wo die Wasserstandszeiger angebracht sind, das Wasser wieder ruhiger ist. Bei dieser Gelegenheit wurde auch noch ein gemeinschaftliches Verbindungsrohr R vor den oberen vier Kesseln gelegt, wodurch eine Ausgleichung etwaiger Differenzen in den Wasserstandshöhen der einzelnen Kessel unter sich möglich ist.

Nach Beendigung dieser Arbeit war auch die Dampfmaschine fertig montiert und wurde infolge dessen ein zweiter Versuch vorgenommen. Der Anfang desselben wurde auf 10 Uhr 20 Minuten Vormittags festgesetzt, als das Manometer 4½ Atmosphären Dampfdruck anzeigte. Wie beim ersten Versuch wurden auch jetzt Rost und Aschenfall gründlich gereinigt, die Wasserstandshöhe genau gemessen und notiert und im Übrigen so verfahren, wie es bei einem geregelten Betrieb erforderlich ist. Da die Dampfmaschine noch nicht genügend angestrengt war, so wurde dieselbe durch einen stark belasteten Holzhebel an der etwa 1,2 Meter großen Riemscheibe gehörig gebremst und so reguliert, daß sie konstant 50 Umgänge machte. Nachdem sie volle 6 Stunden ganz regelmäßig gearbeitet hatte, wurde der Versuch plötzlich dadurch beendet, daß die gebremste Riemscheibe platzte. Ein Weiterheizen hatte keinen Zweck, weil keine Verwendung für den Dampf mehr da war. Nach den Notizen waren bis zu dieser Zeit (4 Uhr 20 Minuten) im ganzen 288 Kilo Kohlen verbrannt bei einem Verbrauch an Speisewasser von 2720 Kilo. Hiernach ergiebt sich eine Verdampfung von 9,44 Kilo Wasser, inkl. dem mitgerissenen.

Das Speisewasser hatte eine Anfangstemperatur von 6° C. und wurde durch den Abdampf der Maschine auf etwa 50° C. vorgewärmt. Die Temperatur der Verbrennungsgase, welche häufig und in verschiedenen Zeiten dies-

mal mit einem zuverlässigen Quecksilberthermometer gemessen wurde, schwankte zwischen 180 und 185° C.

Die ferner untersuchten auf einer Grube aufgestellten zwei Kessel, von denen stets einer im Betrieb ist und der andere als Reserve dient, sind gewöhnliche Vorwärmerkessel mit Überhitzer. Der Hauptkessel hat 1,25 Meter Durchmesser und 7,5 Meter Länge, jeder der beiden Vorwärmer hat 700 Millimeter Durchmesser und 6,8 Meter Länge und der Überhitzer bei gleichem Durchmesser nur 4,2 Meter Länge. Die Kessel sind Gegenstromkessel. Die vom Wasser berührte Heizfläche beträgt 44,5 Quadratmeter, die vom Dampf bespülte 15 Quadratmeter, also die totale vom Feuer umspülte Kesselfläche 59,4 Quadratmeter. Die Rostfläche ist 1,6 × 1,2 = 1,92 Quadratmeter, der für beide Kessel gemeinschaftliche Schornstein hat 25 Meter Höhe und 900 Millimeter obere lichte Weite.

Der Versuchskessel wurde innen und außen gründlich gereinigt und einen Tag schwach geheizt, bevor mit den Versuchen begonnen wurde. Der erste derselben begann Morgens 9 Uhr 55 Minuten bei offenem Mannloch, nachdem vorher das Wasser zum Sieden gebracht, der Rost und Aschenfall gereinigt und Alles zum regelrechten Betrieb vorbereitet war. Der Wasserstand wurde an beiden Gläsern gemessen und dafür gesorgt, daß derselbe möglichst konstant erhalten blieb, also nur soviel Wasser eingepumpt, als verdampft wurde. Abends 10 Uhr 55 Minuten, also nach 13 stündigem ununterbrochenem Betriebe stellte sich bei einer vorgenommenen Vergleichung der Notizen heraus, daß der Verbrauch an Kohlen und Wasser in gleichen Zeiten ziemlich genau derselbe war, und wurde deshalb nicht nötig gehalten, die Nacht mit zu Hülfe zu nehmen. Der Verbrauch an Steinkohlen war bis dahin 1132 Kilo, an Speisewasser 8322 Kilo, so daß auf 1 Kilo Kohlen 7,35 Kilo Wasser kommen. Die Temperatur des Speisewassers schwankte zwischen 5 und 8° C., je nachdem das Wasser schon längere Zeit in dem über Tage gelegenen Reservoir gestanden, oder direkt aus der Grube gehoben war. Die Temperatur der Verbrennungsgase, gemessen in dem zum Schornstein führenden Zugkanal, betrug 250°—300° C. Die von den Kohlen übrig gebliebenen Rückstände an Schlacken und Asche wogen 144 Kilo.

Nachdem am folgenden Tage das Mannloch verdichtet war, wurde der eine Kessel kalt gelegt und der Versuchskessel in Betrieb genommen. Der Anfang des zweiten Versuches wurde auf 9 Uhr 55 Minuten Vormittags festgesetzt, als die Dampfspannung 4½ Atmosphären betrug. Es wurde dafür gesorgt, daß diese wie auch die Höhe des Wasserstandes möglichst konstant erhalten blieb, und im Übrigen Alles genau notiert und beobachtet und gearbeitet wie bei einem geregelten Betriebe erforderlich. Nachdem um 4 Uhr 30 Minuten Nachmittags die Überzeugung gewonnen war, daß auch hier das eigentliche Resultat ziemlich unabhängig von der Dauer des Versuches blieb und bezüglich der Wasserstandshöhe, Dampfdruck ꝛc. der jetzige Zustand mit dem vermehrten Anfangszustand ziemlich übereinstimmte, wurde abgeschlossen und nach weiteren 4 Stunden mit verkleinertem Rost gearbeitet. Zu dem Zweck wurde der hintere Teil des Rostes auf eine Länge von 0,5 Meter mit Schlacke und Steinen belegt und eine Feuerbrücke geschaffen, so daß nunmehr die Roststäbe nur 1,1 × 1,2 = 1,32 Quadratmeter betrug. Es zeigte sich auch sehr bald, daß diese Veränderung recht vorteilhaft wirkte, indem in den 4 Stunden 275,5 Kilo Kohlen 2280 Kilo Wasser verdampfte, also eine etwa 8fache Verdampfung erzielt wurde, während beim anfänglichen Rost in 6 Stun-

den 40 Minuten mit 551 Kilo Kohlen 4105 Kilo Wasser verdampft wurden, was einer 7,45 fachen Verdampfung entspricht. Die Temperatur des Speisewassers war 15—15° C., die der Verbrennungsgase 270—300° C. bei einer äußeren Lufttemperatur von 2—4° C. Der Zug war sehr lebhaft, so daß die gewöhnliche Schieberöffnung 0,13 Quadratmeter betrug. Die Beobachtung der Rauchfarbe ergab, daß dieselbe vom Momente der Beschickung an 80 bis 100 Sekunden tief schwarz dann allmählich in grau überging und etwa nach 10 Minuten eine weißlich-graue Farbe annahm. An Schlacke und Asche wurden 90 Kilo zurückgewogen.

Betriebsresultate zweier Röhrenkessel

in der Fabrik von Gebr. Sachsenberg, Roßlau.*)

Der Zweck der Versuche war, festzustellen, welches Kesselsystem (das Wasser- oder Feuerröhrensystem) das bessere, das empfehlenswertere sei. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden zwei Kessel gebaut, welche in ihren Verhältnissen möglichst gleich waren, nach jedem System je einer.

Der Feuerröhrenkessel ist der Paucksch'schen Konstruktion sehr ähnlich, und besteht aus einem liegenden Zylinder von 1,725 Meter Durchmesser und 4,395 Meter Länge im Lichten, mit ebenen Stirnflächen, durch welche in zwei Abteilungen zusammen 54 Stück Feuerröhren von 82,5 Millimeter äußerem Durchmesser hindurchgehen.

Die Heizfläche beträgt 73,51 Quadratmeter, die Rostfläche 1,77 Quadratmeter.

Die Feuerungsanlage besteht aus einer Vorfeuerung mit Planrost. Das Feuer zieht zunächst unter dem Kessel nach hinten, teilt sich an der Stirnwand, geht durch die Rohre nach vorn, bestreicht alsdann die Seitenflächen des Kessels, und nachdem sich die Rauchgase wieder vereinigt, passieren sie die Schieberöffnung von 550 Millimeter Höhe und 800 Millimeter Weite und gelangen dann zum Schornstein von 24,5 Meter Höhe und 0,7 Meter oberer lichter Weite.

Das Speiserohr ist an dem der Feuerung entgegengesetzten Ende des Kessels angebracht und mündet 300 Millimeter über dem Mantelboden.

Der Dampf, welcher im Dom von 620 Millimeter Durchmesser und 700 Millimeter Höhe gesammelt wird, geht vor der Arbeit in einen Wasserabscheider, an welchem zugleich die verschiedenen Dampfabzweigungen vermittelt werden.

Der zweite Kessel ist einer von der eigenen Firma erbauter Wasserröhrenkessel.

Der Dampf wird hier in zwei Domen von je 500 Millimeter Durchmesser und 550 Millimeter Höhe, welche durch ein Rohr verbunden sind gesammelt. Vor der Arbeit passiert der Dampf den vorerwähnten Wasserabscheider.

Zum besseren Vergleich beider Kessel sind in der folgenden Tabelle I. die mechanischen Verhältnisse derselben zusammengestellt. Aus derselben geht hervor, daß die Heiz- und Rostflächen gleich sind, jedoch bietet der Wasserröhrenkessel etwa 6,8 Quadratmeter mehr dünnwandige Heizfläche.

---

*) Zeitschrift des Ver. Deutscher Ingenieure. Bd. XXIII.

Tabelle I.

1	2		3		4	5	6		7	8	9	10	11	12
System.	Heizfläche		Rostfläche		Verhältnis der Heizfläche zur Rostfläche.	Querschnitt des Zuges in bez. zwischen den Röhren.	Schornstein		Wasserraum bei normalem Wasserstand.	Dampfraum Kubikmeter.	Wasserspiegel Quadratmeter.	Verhältnis des Wasserspiegels zur Rostfläche.	Verhältnis des Zugquerschnitts zur totalen Rostfläche.	Verhältnis der Rostfläche zur Schornsteinmündung.
	Rohr □M.	Summa □M.	freie □M.	totale □M.		□M.	Höhe M.	Mündung □M.	Kubikmeter.					
Feuerröhrenkessel	59,08	73,51	0,356	1,77	41,5	0,243	24,5	0,385	6,9	2,4	6,54	3,7	$\frac{1}{7,14} = 0,14$	4,6
Wasserröhrenkessel	65,8	73,72	0,356	1,77	41,5	0,65	24,5	0,385	5,68	2,4	5,62	3,23	$\frac{1}{2,7} = 0,37$	4,6

Zu Spalte 5 wäre zu bemerken, daß der Rohrquerschnitt des Feuerröhrenkessels ein zu kleiner, der Durchgangsquerschnitt zwischen den Röhren des Wasserröhrenkessels ein zu großer ist; ersterer ist wohl kaum zu ändern, während der letztere Querschnitt bei Neukonstruktion leicht zu verkleinern wäre; der Schornstein ist zu niedrig, hauptsächlich für den Feuerröhrenkessel, während der obere Querschnitt genügend sein dürfte.

Der Wasserinhalt des Wasserröhrenkessels ist etwas kleiner, ebenso die Wasserspiegeloberfläche, dagegen sind die Dampfräume gleich groß.

Zunächst waren zum Zweck dieser Versuche folgende Vorkehrungen getroffen:

Um die Menge des Speisewassers bestimmen zu können, war ein Reservoir, welches etwa 1000 Kilo Wasser faßte, aufgestellt, aus welchem die Dampfpumpe zu saugen hatte. Vermittelst eines Schwimmers mit Index wurde der Wasserstand vor und nach jeder Speisung, welche durchschnittlich 700 bis 850 Kilo betrug abgelesen und notiert, ebenso die Temperatur desselben. Der hierbei zu machende Fehler konnte höchstens $^1/_{800}$ betragen. Außerdem war zur Kontrole an der Speisepumpe ein Hubzähler angebracht.

Die Kohle war Bitterfelder Braunkohle, ein sehr schlechtes Material; um die Menge festzustellen, wurde dieselbe räumlich gemessen und gewogen, wodurch ein genaues Durchschnittsresultat zu erzielen war. 1 Hektoliter dieser Kohle wiegt darnach in grubenfeuchtem Zustande 72 Kilo.

Der Wasserstand der Kessel konnte direkt abgelesen werden, zu welchem Zweck eine Millimeterskala angebracht war. Derselbe wurde von 5 zu 5 Minuten notiert, ebenso die Dampfspannung.

Der Zugschieber markierte sich an einer angebrachten Zentimeterteilung; jede Änderung wurde notiert.

Außerdem wurden noch gemessen die Zugstärke in Millimeter Wassersäule und die Temperatur der abziehenden Feuergase vermittelst eines Metallpyrometers.

Zur Erleichterung für den Beobachter waren Tabellen in Buchform angefertigt, in welchen die einzelnen Daten eingetragen wurden. Nachstehend folgt als Beispiel eine Seite aus diesem Tabellenbuch.

Tabelle II.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zeit.	Wasserstand.	Manometerstand.	Zugschieberstand.	Stand im Bassin.	Hubzähler.	Thermometer.	Zugstärke.	Speisung.	Kohlen.		Pyrometerstand.
Std. u. Min.	Millim.	Atm.	Kubikm.	Millim.		° C.	Millim.		Gew. Kilo.	Hektol.	° C.
8^{30}	58	6	470	—	26846	—	7	—	219	3	145
8^{35}	52	5,8	400	—	—	—	—	—	—	—	—
8^{40}	46	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8^{45}	42	5,7	400	—	—	—	7	—	—	—	150
8^{50}	33	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8^{55}	22	5,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	16	5,6	400	—	—	—	7,2	—	—	—	150
9^{05}	12	5,85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9^{10}	2	5,95	470	1107	26846	9	—	—	—	—	—
9^{15}	24	5,75	—	—	—	—	7	—	—	—	153
9^{20}	33	5,4	470	—	—	—	—	—	—	—	—
9^{25}	44	5,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9^{30}	56	5	—	—	—	—	7	2te	72	1	152
9^{35}	64	4,85	470	—	—	—	—	—	—	—	—
9^{40}	82	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9^{45}	80	4,8	400	221,5	28118	—	7	—	—	—	153
9^{50}	72	5,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Zu den Versuchen selbst übergehend, ist dazu noch zu bemerken:

Die Zeitabschnitte, in welchen die in Rechnung kommenden Versuche angestellt wurden, waren so gewählt, daß keine Unterbrechungen stattfanden, um das Resultat nicht zu trüben.

Der erste Versuch bezieht sich auf den Wasserröhrenkessel. Die Dauer des Versuches betrug $5^1/_2$ Stunde. Die Resultate sind in folgender Weise ermittelt worden.

Das in den Kessel gebrachte Wasserquantum ergiebt sich aus drei Speisungen von zusammen 2648,5 Millimeter Wasserstand des Reservoirs zu 0,95 Kilo pro Millimeter; giebt 2516,1 Kilo Wasser von 8,5° C. Der Anfangswasserstand betrug 87 Millimeter über dem tiefsten Wasserspiegel, der Endwasserstand betrug 92 Millimeter, ergiebt 5 Millimeter Differenz oder = 26,4 Kilo. Also wirklich verdampftes Wasser 2489,7 Kilo von 8,5° C. zu Dampf von 5,49 Atm. Überdruck.

Letztrer entspricht nach Regnault 656 — 8,5 = 547,5° C.,

also für 2489,7 Kilo	1612080,8° C.
und für 26,4 Kilo Wasser von 8,5° auf 162,35° zu erwärmen	4105,2° C.
	1616186° C.,

welche erzeugt wurden von 14,3 Hektoliter Kohle à 72 Kilo = 1029,6 Kilo, dies ergiebt für 1 Kilo Kohle 1570° C. oder 2,425 Kilo verdampftes Wasser von 8,5° C. zu Dampf von 5,49 Atm.

Rechnet man die 4105,2° C. mit zur Verdampfung, so erhält man für 1029,6 Kilo Kohle eine Verdampfung von 2496,8 Kilo Wasser von 8,5° C. auf 5,49 Atm.

Auf gleiche Weise wurden die anderen beiden Versuche berechnet.

Tabelle III.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Datum.	Zeit.	Verdampftes Wasser.	Mittlere Temperatur des Speisewassers.	Verfeuerte Kohlen.	1 Kilo Kohle verdampft Wasser.	Mittlere Manometer Angabe.	Mittlere Rauchschieber-Öffnung.	Temperatur der Gase im Fuchs.	Zugstärke im Fuchs Wassersäule.	1 Qu.-Meter Rostfläche verbrennt pro Stunde.	1 Qu.-Meter Heizfläche verdampft pro Stunde.	1 Kilo Kohle verdampft Wasser von 80° zu Dampf von 6 Atm.	Kohlenverbrauch pro Stunde.	Wasserverbrauch pro Stunde.	Bemerkungen.
	1878.	Stdn.	Kilo.	°C.	Kilo.	Kilo.	Atm.	Q.-Met.	°C.	Millim.	Kilo.	Kilo.	Kilo.	Kilo.	Kilo.	
Wasserröhrenkessel	12. April	5½	2496,8	8,5	1029,6	2,425	5,49	0,193	min. 160 max. 182	9,0	105,8	6,17	2,72	187,2	453,9	Vorfeuerung und Planrost. — Gemisch von Deutsch-Grube und Grube Marie.
Wasserröhrenkessel	18. April	6½	3628,5	9,5	1404	2,58	5,37	0,193	min. 160 max. 182	9,0	122	7,59	2,9	216	558,2	Vorfeuerung und Planrost. Kohle: Deutsch-Grube.
Feuerröhrenkessel	16. April	5½	2599	10,6	1080	2,407	5,31	0,22	min. 150 max. 172	7,25	110,9	6,41	2,69	196,3	472,5	do.

In Tabelle III sind die Hauptresultate zusammengestellt.

Zum ersten Versuche wurde ein Gemisch von Kohle, nämlich der Deutschen-Grube und der Grube Marie benutzt. Das Resultat mag deshalb etwas niedriger als beim zweiten Versuch ausgefallen sein.

Der zweite und dritte Versuch wurde mit ganz gleicher Kohle angestellt. Dieselben waren von der Deutschen-Grube aus ein und derselben Lowry, weshalb sich diese beiden Versuche gut vergleichen lassen.

Nach Tabelle II verdampfte der Wasserröhrenkessel in 6½ Stunden 3628,5 Kilo Wasser von 9,5° C. zu 5,37 Atm. Dampf mit 1404 Kilo Kohle.

1 Kilo Kohle verdampft 2,58 Kilo Wasser oder auf Wasser von 30° C. und Dampf von 6 Atm. reduziert

1 Kilo Kohle verdampft 2,9 Kilo Wasser.

Der Feuerröhrenkessel verdampfte in 5½ Stunden 2599 Kilo Wasser von 10,6° C. zu Dampf von 5,31 Atm. mit 1080 Kilo Kohlen, also

1 Kilo Kohle verdampfte 2,407 Kilo Wasser

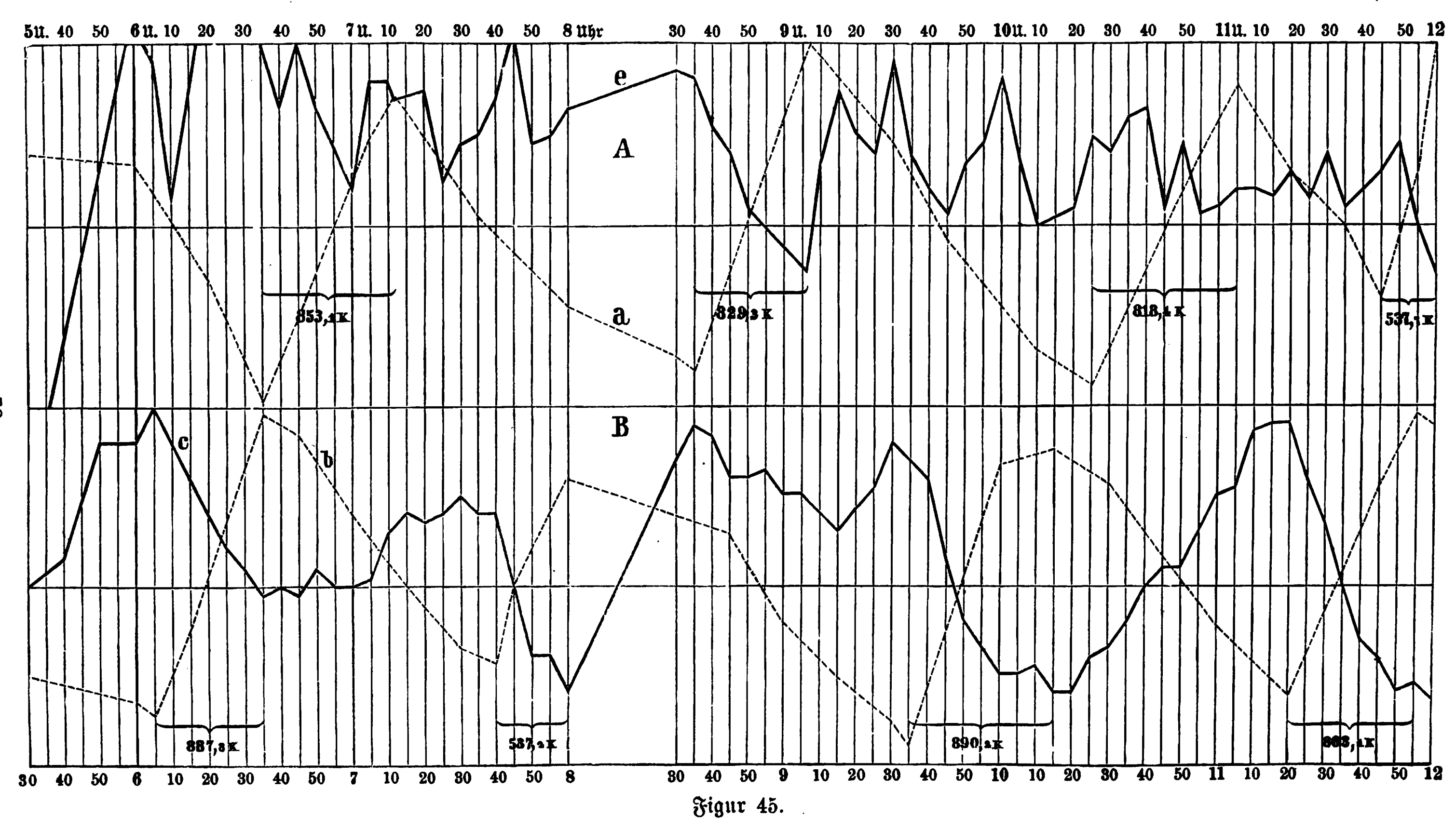
oder auf Speisewasser von 80° C. und Dampf von 6 Atm. reduziert

1 Kilo Kohle verdampfte 2,69 Kilo Wasser.

Nach diesen Vergleichen wäre der Wasserröhrenkessel dem Feuerröhrenkessel überlegen, trotz der kleinen Fehler, welche auch dem ersteren noch anhaften.

Die Mehrverdampfung beträgt etwa 8%, obgleich die Rauchgase beim Feuerröhrenkessel um 10° C. kühler entweichen.

Die Fehler der Kessel sind noch zu erwähnen, und kommen wir hier zunächst auf den schon oben erwähnten Fehler des Feuerröhrenkessels zu sprechen, nämlich, daß


5 U. 40 50 6 U. 10 20 30 40 50 7 U. 10 20 30 40 50 8 Uhr 30 40 50 9 U. 10 20 30 40 50 10 U. 10 20 30 40 50 11 U. 10 20 30 40 50 12
e
A
a
B
c
b
30 40 50 6 10 20 30 40 50 7 10 20 30 40 50 8 30 40 50 9 10 20 30 40 50 10 10 20 30 40 50 11 10 20 30 40 50 12

Figur 45.

der Gesamtdurchgangsquerschnitt der Röhren ein zu kleiner sei, wodurch folgende Mißstände hervorgerufen wurden. Die Zugstärke war trotz vermehrter Rauchschieberöffnung gegenüber der des Wasserröhrenkessels weit geringer; dadurch wurde ein häufiges Rauchen am Feuerherd hervorgerufen, und es trat ein starkes Sinken der Dampfspannung, oft von 1,5 Atm. auf.

Es sind diese Vorgänge in Figur 45 graphisch dargestellt, indem die Zeit als Abscisse, die Dampfspannungen mit dem zugehörigen Wasserstande als Ordinaten aufgetragen wurden.

Der Wasserröhrenkessel hat einige andere Fehler, welche aber nicht so bedeutend sind, nämlich ein Schwanken der Spannung in kürzeren Zeiträumen, welche jedoch meistens nicht mehr als $^1/_2$ Atm. beträgt, und den entgegengesetzten Fehler des Feuerröhrenkessels, d. h. der Querschnitt zwischen den Röhren ist ein zu großer, doch ist dieses nur durch den eigentümlichen Verschluß der Röhren hervorgerufen worden.

Untersuchung über die Leistungsverhältnisse der Dampfmaschinen- und Dampfkessel-Anlage einer mechanischen Baumwoll-Spinnerei und Weberei im Mai 1877*).

Die während 7 Arbeitstagen angestellten Versuche haten folgende Ziele:

1) Bestimmung der mittleren indizierten Arbeitsleistung einer jeden der beiden Dampfmaschinen bei verschiedenen Füllungsgraden.
2) Ermittelung des hierzu erforderlichen Dampf- und Kohlenverbrauchs unter gleichzeitiger Messung der Heizgastemperaturen am Ende des letzten Zuges und vor dem Kamin.
3) Feststellung der Leerlauf-Arbeit der Dampfmaschinen und Transmission, sowie des Arbeitsverbrauches der einzelnen Arbeitssäle.

Das Güteverhältnis der Dampfkessel-Anlage berechnete sich am ersten Versuchstage zu 51 %, an den folgenden Tagen, nachdem die Roste erheblich verkleinert worden waren, auf 61 %, d. h. es wurden von dem gesamten theoretischen Heizwerte der angewandten Kohlen 51 bez. 61 % nutzbar gemacht.

Zum Betriebe der Dampfmaschinen und Schlichterei dienen 12 Dampfkessel mit 6 Atm. Betriebsdruck, von denen jedoch wegen einer disponiblen Wasserkraft nur ein Teil zu den Versuchen benutzt wurde. 10 derselben sind sog. Bouilleurkessel, die zwei andern sog. Vorwärmerkessel, sämtlich mit gewöhnlichen Planrosten versehen.

Gesamtheizfläche: 870 Quadratmeter, Gesamtrostfläche: 20,32 Quadratmeter, die jedoch nach dem ersten Versuchstage wesentlich verkleinert wurde, um eine bessere Ausnutzung der Heizgase zu erzielen. Kamin 58,4 Meter hoch mit einem oberen runden Querschnitt von 8,25 Quadratmeter.

Die beiden Zwillings-Dampfmaschinen (eine kleinere und eine größere) arbeiten mit Kondensation und Farcot'scher Steuerung. Sie haben 895 bez. 733 Millimeter Zylinderdurchmesser, 1240 bez. 1170 Millimeter Hub und machen im Mittel $36^1/_2$ bez. 40 Umdrehungen pro Minute.

Als Brennmaterial dienen Zwickauer Ia Pechstückkohlen und die Speisung geschieht mit den Kondensationswasser der Dampfmaschine.

*) Achter Geschäftsbericht (1877) des Bayerischen Dampfkessel-Revisions-Vereins.

Über Anordnung, Gang und Resultate der Versuche ist nachfolgende Tabelle aufgestellt.

Tabelle IV.

Mai 1877	24.	25. V.	25. N.	29. V.	29. V.
Heizfläche in Quadratmetern	408	561	561 resp. 408	445	445
Rostfläche in Quadratmetern	10,08	9,7	9,7 „ 7,26	7,32	7,32
Verhältnisse dieser beiden	1 : 40	1 : 58	1:58 „ 1:56	1 : 62	1 : 61
Verdampfungsdauer in Minuten . .	720	390	330	390	360
Mittlere Dampfspannung in der Leitung in Kilo	5,5	5,64	5,7	5,7	5,7
Speisewassermenge in Kilo	73 157	44 127	32 106	33 547	26 366
Mittlere Speisewassertemperatur in °C.	32	31	30,5	29	30
Kohlenverbrauch in Kilo	14 503	7481	5418	5388	4362
Schlacken- und Aschengehalt in % der Kohlen	9,6	8,6	9,9	6,4	8
Temperatur der Heizgase am Ende der Kessel in °C.	258	203	213	192	187
Rostbeschickung pro 1 Schürung in Kilo Kohlen	33	29	27	26	30
Zwischenzeit zwischen 2 Schürungen in Minuten	9,7	11,7	11,2	11,14	14,8
Wasserverbrauch pro Stunde in Kilo	6096	6789	5206	5161	4394
Kohlenverbrauch pro Stunde in Kilo	1209	1151	878	829	727
1 Kilo Kohle verdampfte Kilo Wasser	5,04	5,9	5,93	6,23	6,04
pro Stunde und pro Quadratmeter:					
Anstrengung der Heizfläche in Kil. Wasser	14,94	12,10	12,78	11,6	9,87
„ „ „ „ Kohlen	2,96	2,05	2,15	1,86	1,63
„ „ Rostfläche in Kil. Kohlen	120	119	120	113	99
Dampfmaschinen:		Große.		Kleine.	
Mittlerer Dampfdruck im Zylinder in Kilo	5,13	5,44	5,25	5,44	5,41
Füllungsgrad in % des Hubes . .	15 %	15 %	9 %	14 %	8,3 %
Mittlere Umdrehungszahl pro Minute	36,61	36,512	36,6	38,01	38,37
Speisewasserverbrauch in Kilo . . .	71 506	42 456	31 572	32 403,5	25 710,85
Mittlere indizierte Arbeit in Pferdestärken	537,59	536,47	461,52	364,43	304,07
Wasserverbrauch pro Stunde in Pferdestärke in Kilo	11,08	11,59	12,43	13,68	14,05

Bei Berechnung des Speisewasserverbrauchs der Dampfmaschinen wurde alles bei Anlauf der Maschinen abgehende Wasser von dem Speisewasser der Dampfkessel in Abzug gebracht, sowie noch 1/4 von dem während des Betriebes sich ergebenden Wasser, während 3/4 von diesem als im Dampfmantel kondensiert angesehen und zum eigentlichen Dampfverbrauch gerechnet wurde. Die Dampfleitung zwischen Maschinen und Kesseln war durch Umhüllung sehr gut gegen Abkühlung geschützt.

Die Leerlaufarbeit der großen Dampfmaschine betrug bei 16—37 Umdrehungen pro Min. 73,69—72,82, indizierte Pferdekräfte, so daß die Maschine bei 15 % Füllung am 24. Mai 464 und am 25. Mai Vormittags 490, sowie am 25. Mai Nachmittag bei 9 % Füllung 388 effektive Pferdekräfte leistete.

Der Leerlauf der kleinen Maschine absorbierte bei 40 Umdrehungen pro Minute 74,23 indizierte Pferdekräfte, so daß deren effektive Leistung bei 14 % Füllung 290 und bei 8,3 % Füllung 230 Pferdekräfte betrug.

Verdampfungs-Versuche an Dampfkesseln mit Ten-Brink-Feuerung.*)

Tabelle V.

Datum.	Versuchs-Ort.	Kesselsystem.	Heiz- und Rostfläche: Heizfläche. Q.-M.	Rostfläche. Q.-M.	Verhältnis.	Dauer der Versuche. Std.	Kohle: Ursprung.	Verbrannt: Total. Kilo.	pro Stunde u. Qu.-M. Rostf. Ko.	Rückstände. %	Wasser: Verdampft: Total. Kilo.	pro Qu.-M. Heizfläche. Kilo.	per Kilo Kohle: roh.	rein.	Wassergehalt des Dampfes. %	Temperatur: des Speisewassers. °C.	der Heizgase am Kaminschieber. °C.
Sept. 1874	Arlen (Baden)	Bouilleurkessel (alt)	59	1,68	35 : 1	60	Saar-Itzenplitz	5375	54	9,2	49693	14	9,23	10,15	4,5	14,2	161
März 1876	Lörrach (Bad.)	Bouilleurkessel (alt)	100	1,96	51 : 1	12	Saarkohle I und Rouchamp	1002	43	10	9400	7,8	9,38	10,4	—	21	160
April 1876	Zürich	Flammrohrkessel (neu)	60	2,00	30 : 1	109	Saarkohle II III und Neucastle I III	9880	46	9,1	92064	14,1	9,28	10,06	3,37	9	118
März 1877	Zügelbrücke (Schweiz)	Flammrohrkessel (neu)	105	2,70 (3 Kessel)	39 : 1	—	Saar-Reden	142 (per Stunde)	53	6,9	1286 (per Stunde)	12,25	9,06	9,71	—	22	115
März 1877	Salach (Württemberg)	Dreikörper-Kessel mit 6 Siederohren (neu)	80	2,24	36 : 1	134	Saar-Heinitz	17600	65	5,7	164509	15	9,34	9,96	2,2	8,7	116
	Lindau	dito	94,3	1,96	48 : 1	27	Saar-Püttling-Heinitz	2920	55	9,3	29830	11,7	10,21	11,16	—	13,6	173
Dez. 1877	Courgnè bei Turin	dito	355	8,96 (4 Kessel)	40 : 1	$22\frac{1}{2}$	Saarkohle	10451	52	11	99161 von 0° C.	12,4	9,56	10,15	1,65	5	154
Mai 1878	Winterthur	Schrägliegender Röhrenkessel	36	0,9	40 : 1	13	Saar-Altenwald	612	52	—	5849	12,5	9,6	—	Dampf um 20° C. überhitzt.	13	200

*) Neunter Geschäftsbericht (1878) des Bayrischen Dampfkessel-Revisions-Vereins. Zeichnung und Beschreibung befindet sich in „Vollständige Dampfkessel-Anlagen von Thielmann, Verlag von Karl Scholtze, Leipzig.

Versuche an einem mit Ten-Brink-Feuerung versehenen neuen Dampfkessel in dem Wasserwerk Regensburg

vom 16.—19. April 1878*).

Diese Versuche hatten den Zweck, festzustellen, ob die vom Lieferanten des Kessels übernommene Garantie einer 9 fachen Verdampfung mit Saarstückkohle I Heinitz-Dechen erfüllt sei. Der betreffende Kessel besteht im Wesentlichen aus einem Oberkessel von 7,7 Meter Länge und 1,2 Meter Durchmesser, mit welchem zwei unterhalb angeordnete Siederohre von 7,36 Meter Länge und 60 Zentimeter Durchmesser in der üblichen Weise verbunden sind. Die Heizfläche beträgt 49 Quadratmeter, die Rostfläche 1,25 Quadratmeter, mithin das Verhältnis dieser beiden Teile 43,6 : 1. Die Speisung erfolgt nach dem Prinzip der Gegenströmung. Der Kessel war schon zirka 2 Monate lang im Betrieb gewesen und unmittelbar vor dem Versuche gereinigt worden. Das Speisewasser setzt wenig Kesselstein ab. Der erzeugte Dampf diente zum Betriebe zweier Pumpmaschinen, von denen jede mit 22—25 indizierten Pferdestärken angestrengt war. Der Versuch dauerte ununterbrochen 60 Stunden, wovon die erste Schicht mit 8 Stunden aus verschiedenen Gründen als Vorversuch und die folgenden 52 Stunden für den Garantie-Versuch gerechnet wurden. Nach jeder achtstündigen Schicht wurde jedoch ohne den Betrieb des Kessels und den Gang des Versuches zu stören ein Abschluß gemacht. In den letzten 12 Stunden wurde nur mit einer Pumpmaschine, also mit der halben Anstrengung des Kessels gearbeitet. Hierauf folgte mit demselben Kessel ein $7\frac{1}{2}$ stündiger Versuch ohne Dampfspannung und ferner ein $9\frac{1}{4}$ stündiger Versuch mit einem nebenanliegenden älteren mit gewöhnlichen inneren Planrosten versehenen Zweiflammrohrkessel von 60 Quadratmeter Heiz- und 1,86 Rostfläche (Verhältnis dieser beiden Teile 1 : 32) und zwar mit derselben Kohle, welche bei den Versuchen mit der Ten-Brink-Feuerung angewendet worden war.

Die Kohlen wurden dem Heizer auf der Dezimalwage zugewogen und das Wasser in einem Reservoir gemessen, indem man mittelst einer Meßspindel, auf deren Zählscheibe $\frac{1}{10}$ Millimeter mit Genauigkeit abgelesen werden konnten, bei jeder Speisung den Stand des Wassers vor und nach der Speisung ermittelte. Vorher waren aus dem Reservoir successive 6 Hektoliter Wasser in ein geeichtes Normalmaß abgelassen und festgestellt worden, wieviel Liter Wasser 1 Millimeter Wasserstand des Reservoirs repräsentiere. Zur Kontrole dieser Wassermessung wurde die Anzahl Hübe, welche die Speisepumpe bei jeder Speisung machte, mittelst Hubzähler ermittelt. Die Temperaturen wurden an Quecksilberthermometern abgelesen und die Geschwindigkeit der Heizgase sollte ein Zugmesser zeigen, dessen Angaben jedoch nur einen relativen Wert besitzen, da der Zugmesser nicht vor, sondern über der Öffnung des Kaminschiebers angebracht war. Alle seitlichen Abflüsse der Speiseleitung waren abgeflantscht, überhaupt alle Vorsicht und derjenige Grad von Genauigkeit angewendet worden, den man für den beabsichtigten Zweck fordern konnte. Die Ergebnisse der Messungen und Beobachtungen, welche soweit nötig jede Viertelstunde erfolgten, finden sich in der folgenden Tabelle VI zusammengestellt.

*) Neunter Geschäftsbericht des Bayerischen Dampfkessel-Revisions-Vereines.

Tabelle VI.

Nummer der Versuchsschichten.	Vorversuch mit zwei Maschinen. I	Garantie-Versuch: mit zwei Maschinen. II	III	IV	V	VI	mit einer Maschine. VII	Summen und Mittelwerte aus II—VII	aus II—VI	Versuch ohne Dampfspannung.	Versuch an dem Zweiflammrohrkessel, mit Planrost und einer Maschine.
Dauer der Versuchsschichten in Stunden	8	8	8	8	8	8	12	82	40	7 1/2	9 1/4
Speisewassermenge in Kilo	7619	5481	5011	5344	4853	5005	4246	29 940	25 694	3798	3437
Kohlenverbrauch in Kilo	779	621	565	600	537	553	431	3307	2876	406	610
1 Kilo Kohle (roh) verdampft Kilo Wasser	9,78	8,83	8,87	8,90	9,04	9,05	**9,85**	9,05	**8,94**	**9,35**	5,63
Mittlere Dampfspannung in Kilo	5,6	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9	5,8	5,83	5,84	0	5,6
Mittlere Speisewassertemperatur in °C.	11,5	12	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,6	11,6	11	11
Mittlere Temperatur der Heizgase am Ende des Kessels in °C.	176	167	167	158	169	161	**141**	160	**164**	**148**	—
Mittlere Kaminschieber-Öffnung in Millimeter	191	161	110	113	111	110	**47**	109	**121**	**56**	94
Mittlerer Zugmesserstand in Millimeter	6,5	5	4	4	4	5	2	4	4,4	2,5	—
Kohlenverbrauch pro Stunde in Kilo	97,4	77,6	70,6	75	67,1	69,1	35,9	64	72	54	58
Wasserverbrauch pro Stunde in Kilo	952,4	685,1	626,4	668	606,6	625,6	353,8	576	642	506	327
pro Stunde und pro Quadratmeter:											
Leistung der Heizfläche Kilo Dampf	19,4	15	12,8	13,6	12,4	12,8	**7,22**	11,8	**13,1**	**10,3**	6,2
Kohlenverbrauch der Heizfläche in Kilo	2	1,6	1,44	1,53	1,37	1,41	0,73	1,85	1,47	1,1	1,1
Kohlenverbrauch der Rostfläche in Kilo	87	69	63	67	60	61,5	**32**	59	**64**	**48**	36
Nummer der Vertikalspalten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Rauchgasanalysen und Bestimmungen der dem Dampfe beigemischten Wassermenge konnte Mangels der erforderlichen Vorkehrungen leider nicht vorgenommen werden; doch läßt sich annehmen, daß der Wassergehalt des Dampfes kein abnormer gewesen sein kann, welche Annahme vielleicht durch die Ergebnisse des ohne Dampfspannung vorgenommenen Versuches verstärkt werden könnte.

Bei diesem Versuche betrug die mittlere Temperatur des Wassers im Wasserstandsglase 68° C., eine Beobachtung, die immerhin einiges Interesse bieten mag. Die Temperatur im Kesselhause betrug im Mittel 15° C.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Garantie der 9 fachen Verdampfung erfüllt war. Wenn man die verdampfte Wassermenge als gleichbedeutend einsetzt für die erzeugte Dampfmenge, so erforderte die Erzeugung von 1000 Kilo Dampf durch die mit innerem Planroste versehenen Zweiflammrohrkessel der fraglichen Anlage beim Betriebe einer Pumpmaschine einen Aufwand von 177 Kilo Kohle, während der neue Kessel mit Ten-Brink-Feuerung beim Betriebe zweier Pumpmaschinen die gleiche Leistung mit nur 112 Kilo Kohle hervorbrachte; hieraus berechnet sich eine Kohlenersparnis von 36 %, welche sich noch günstiger stellt, wenn man den Versuch VII beim Betriebe einer Pumpmaschine zum Vergleich zieht. Der fragliche Zweiflammrohrkessel konnte wegen mangelhafter Beschaffenheit zu einem Versuche mit doppelter Leistung, also zum Betriebe zweier Pumpmaschinen nicht benützt werden. Wenn auch die ungünstigen Verdampfungsverhältnisse dieses Zweiflammrohrkessels einen direkten Vergleich zwischen den in der Vertikalspalte 11 der Tabelle notierten Resultaten und denen der Vertikalspalte 9 nicht zulassen, so wird man doch nicht fehlgehen, wenn man auch aus diesem Versuch den Schluß zieht, daß die Ten-Brink-Feuerung auch gegenüber guten Dampfkessel-Anlagen mit gewöhnlicher Feuerung eine Kohlenersparnis von zirka 20 % gewährt, eine Annahme, welche auch durch die weiter oben angeführten Versuchsresultate bestätigt erscheint. Die in der Tabelle fettgedruckten Ziffern zeigen einerseits, wie das Quantum der pro Stunde und pro Quadrameter Rost verbrannten Kohlen d. h. die Dampfleistung des Kessels mit der Kaminschieberöffnung, also mit der Zuggeschwindigkeit und Luftmenge gewachsen ist, anderseits wie die Dampferzeugung pro Kilo Kohle d. h. die Ausnutzung der Wärme mit dem Wachsen der pro Quadratmeter Rostfläche stündlich verbrannten Kohlenmenge abgenommen hat. Erfahrungsgemäß wird eine Verbrennung von 50 Kilo (Saar-) Kohle pro Stunde und pro Quadratmeter Rostfläche als normale Beanspruchung der Ten-Brink-Feuerung bezeichnet; 75 Kilo (Saar-)Kohle gelten als Maximum. Zu bemerken ist noch, daß bei den obigen Versuchen die Verbrennung mit wenigen und kurzen Unterbrechungen, welche lediglich durch die Unachtsamkeit des Heizers verursacht wurden, eine stets rauchfreie gewesen ist.

Die Rückstände (Schlacken und Asche) der angewendeten Kohlen konnten nicht genau ermittelt werden, weil die Ten-Brink-Feuerung eine konstante Anhäufung von Schlacken und Asche am unteren Ende des Rostes zum Abschluß des Feuerherdes erheischt, eine Konstante, die nicht ermittelt werden konnte, weil die Versuche in den laufenden Betrieb der Anlagen eingeschaltet waren. Unter 75 Kilo Rückständen befanden sich 14 Kilo feinere und 1 1/2 Kilo gröbere Kohlenstückchen, zusammen also zirka 20 % unverbrannte Kohlen, oder auf die gesammte verbrannte Kohlenmenge bezogen zirka 1 1/2 % Kohlen, welche unverbrannt unter die Rückstände gelangt waren.

Von der angewendeten Saar-Stückkohle I Heinitz-Dechen wurden Durch-

schnittsproben genommen, welche von der Heizversuchsstation zu München chemisch untersucht wurden und folgende Zusammensetzung ergaben:

Tabelle VII.

I. Elementaranalyse:

	Zusammensetzung der lufttrockenen Kohle.					Zusammensetzung der asche- und wasserfreien Kohle.			Schwefelgehalt, flüchtig.
	Asche %.	C %.	H %.	O N + S %.	hygroskopisches Wasser %.	C %.	H %.	O %.	%.
I.	7,58	74,95	4,87	9,71	2,89	83,73	5,44	10,83	0,66
II.	7,05	76,03	4,90	9,14	2,88	84,41	5,43	10,16	0,59

Tabelle VIII.

II. Verkokungsprobe.

	Verkokung: Koke aus der lufttrockenen Kohle.		Nähere Zusammensetzung der lufttrockenen Kohle.				Bemerkungen.
	%.	% Asche.	fixer % C.	flüchtig %.	Wasser %.	Asche %.	
I.	66,10	7,75	58,35	31,02	2,88	7,75	Kokekuchen zusammengebacken, wenig gebläht.
II.	65,80	7,52	58,28	31,32	2,88	7,52	

Nach der Dulong'schen Formel [80,8 C + 344,62 (H — $^1/_8$ O)] berechnet sich somit der theoretische Heizwert der fraglichen Kohle zu 7375 Wärmeeinheiten; 1 Kilo dieser Kohle verdampft 9,05 Kilo Wasser von 12° C. zu Dampf von 5,8 Kilo Überdruck, wozu also 643 + 9,05 = 5819 Wärmeeinheiten erforderlich waren, mithin beträgt das Güteverhältnis des fraglichen Dampfkessels $\frac{5819}{7375} = 79$ d. h. es wurden 79 % der in den Kohlen enthaltenen Wärme nutzbar gemacht, ein außergewöhnlich hohes Ergebnis.

Am 28. und 29. Mai 1879 wurden an demselben mit Ten-Brink-Feuerung versehenen Dampfkessel noch weitere Versuche vorgenommen und zwar mit zwei anderen Kohlensorten, um zu ermitteln, welche von beiden den besten Nutzeffekt ergäbe. Die eine Kohlensorte stammte aus Sachsen, Zwickau-Bürgerschacht, Pechnußkohle und kostete loko Kesselhaus 81 Pfg. per 50 Kilo; die andere Kohle war aus Böhmen und zwar aus Grube Tremosna, Kleinkohle, bezogen und stellte sich loko Kesselhaus auf 78 Pfge. per 50 Kilo. Mit der letzteren Kohle war schon vor dem Garantieversuch zirka 2 Monate geheizt worden.

Die Ergebnisse dieser zweitägigen Versuche sind in folgender Zusammenstellung (Tabelle IX.) enthalten:

Tabelle IX.

Betrieb mit zwei Pumpmaschinen.	Tremosna-Kleinkohle		Summen u. Durchschnitt aus	Bürgerschacht, Pechnußkohle.		Summen u. Durchschnitt aus
Nummer der Versuchsschichten:	I	II	I u. II	III	IV	III u. IV
Dauer der Versuchsschichten in Stunden	5	7	12	6	6	12
Höhe der Kohlenschicht im Füllkasten in Millimeter	**116**	**92**	**104**	**92**	**68**	**80**
Speisewassermenge in Kilo	4248	6061	10309	4848	5023	9871
Kohlenverbrauch in Kilo	575	850	1425	640	700	1340
1 Kilo Kohle (roh) verdampft Kilo Wasser	**7,39**	**7,13**	**7,23**	**7,57**	**7,17**	**7,37**
Mittlere Dampfspannung in Kilo	5,8	5,8	5,8	5,7	5,6	5,65
Mittl. Speisewassertemperatur in °C.	11,6	11,6	11,6	11,7	11,6	11,65
Mittlere Temperatur der Heizgase am Ende des Kessels in °C.	**174**	**188**	**181**	**203**	**197**	**200**
Mittlere Kaminschieberöffnung in Millimeter	**106**	**101**	**103,5**	**113**	**118**	**115,5**
Mittl. Zugmesserstand in Millimeter	3,4	3,0	3,2	3,6	3,6	3,6
Kohlenverbrauch pro Stunde in Kilo	115	121	119	107	117	112
Wasserverbrauch pro Stunde in Kilo	850	866	859	808	837	823
pro Stunde und pro Quadratmeter:						
Leistung der Heizfläche in Kilo Dampf	**17,3**	**17,7**	**17,5**	**16,5**	**17,1**	**16,8**
Kohlenverbrauch der Heizfläche Kilo	2,35	2,48	2,41	2,18	2,38	2,28
Kohlenverbrauch der Rostfläche in Kilo	**102**	**108**	**105**	**95**	**104**	**99**

Die Beobachtung der Rauchgase ergaben bei diesen Kohlen kein so günstiges Resultat, wie bei den Saarkohlen; die Kaminmündung wurde jede Viertelstunde einmal beobachtet und hierbei Folgendes bemerkt:

Tremosna-Steinkohle		Bürgerschacht-Pechnußkohle.	
Anzahl der Beobachtungen.	Rauchfarbe.	Anzahl der Beobachtungen.	Rauchgase.
1	schwarz	3	schwarz
1	dunkel	11	dunkel
14	hell	19	hell
32	0	15	0

Wenn man den hellen dünnen Rauch vom praktischen Standpunkte aus als zulässig erachtet, so kann man die Verbrennung bei der Tremosna-Kohle nahezu rauchfrei nennen, während dieselbe bei der sächsischen Kohle hinsichtlich Rauchentwickelung nur während $^{2}/_{3}$ der Zeit befriedigte. Die Ursache dieses ungünstigen Resultates liegt vielleicht darin, daß der Heizer die sächsische Kohle, mit der er zum ersten Male heizte, noch nicht richtig zu behandeln verstand, indem er überhaupt zu wenig Luft zuführte oder zu viel kalte Luft durch

den oberen Kanal einströmen ließ. Zu letzterem mag er Veranlassung gehabt haben, da die sächsische Kohle sehr viel Schlacke (zirka 13 %) absetzte, welche das Einströmen überschüssiger Verbrennungsluft durch die Rostspalten wesentlich beschränkte. Die rauchfreie Verbrennung würde also demnach bei der Ten-Brink-Feuerung desto vollkommener vor sich gehen, je weniger Schlacke die Kohle absetzt, je weniger man also die Luftzuführung über dem Roste in Anspruch zu nehmen hat. Letzteres ist nur als Notbehelf anzusehen, das man durch fleißiges Reinigen der Rostspalten möglichst jedoch nicht gänzlich umgehen soll, weil der von oben eintretende Luftstrahl die innige Mischung der Gase befördert. Die Qualität und Quantität der Schlacken resp. das Belegen der Rostspalten durch dieselbe kann übrigens bei der Ten-Brink-Feuerung so störend wirken, daß die vollkommene und rauchfreie Verbrennung in erheblicher Weise beeinträchtigt wird. Man kann also nicht jede Kohle und diese nicht in jeder Form bei der Ten-Brink-Feuerung mit Vorteil verwenden, wenigstens nicht wenn sie mit Planrost versehen ist; vielleicht läßt sich in dieser Beziehung noch manches erreichen, wenn für gewisse Kohlensorten der Planrost durch einen Treppenrost ersetzt würde.

Die letzte Tabelle zeigt noch eine andere auffällige Erscheinung, nämlich daß der stündliche Kohlenverbrauch des Rostes mit dem Niedrigerwerden der Kohlenschichte gestiegen ist, anstatt abzunehmen; die Ursachen dieses Widerspruches lassen sich aus den übrigen Beobachtungsresultaten dieser relativ kurzen Versuche nicht erklären; vielleicht liegen sie in unrichtiger Luftzuführung, in ungeeigneter Bedienung der Feuerung oder auch in der Beschaffenheit der betreffenden Kohlen, welche vielleicht in niedriger Schicht relativ rascher verbrennen als in höherer Beschickung. Im Übrigen zeigt auch diese Tabelle, daß die Verdampfung pro Kilo Kohle mit der Steigerung des stündlichen Kohlenkonsums abgenommen hat.

Der Geldaufwand für Kohlen loko Kesselhaus zur Erzeugung von 1000 Kilo Dampf beläuft sich

bei der böhmischen Tremosna-Kleinkohle auf . . .	Mark 2,15
bei der sächsischen Bürgerschacht-Pechnußkohle auf .	„ 2,20
bei der Saarstückkohle I Heinitz-Dechen	„ 3,36.

Letztere war infolge Vertragsbestimmung nur für den Garantieversuch gewählt worden, während für den gewöhnlichen Betrieb der Pumpenstation die Tremosnakohle dient. Die jährliche Kohlenersparnis des neuen mit Ten-Brink-Feuerung versehenen Dampfkessels gegenüber den früher angewendeten Zweiflammrohrkesseln mit Innenfeuerung und gewöhnlichem Planroste, berechnet sich auf 4—5000 Mark, wobei nicht zu vergessen ist, daß diese letzteren Kessel unter außergewöhnlich ungünstigen Verhältnissen arbeiteten.

Aus den angeführten Berichten und Versuchsergebnissen, von denen gewiß die meisten, namentlich hinsichtlich Ermittelung der Kohlen- und Wassermengen auf unbedingte Richtigkeit Anspruch machen können, geht nun hervor, daß die Ten-Brink-Feuerung gegenüber den meistverbreiteten anderen d. h. gewöhnlichen Kesselfeuerung zwei wesentliche Vorteile gewährt, nämlich rauchfreie Verbrennung und eine namhafte Brennmaterialersparnis resp. eine so hohe Ausnutzung des Heizwertes der Kohlen, wie sie mit gewöhnlichen oder selbst mit mechanischen Feuerungssystemen auch bei guten und besten Anlagen seither nicht erzielt worden sind. Diesen Vorteilen müssen nach dem alten Satze: „Keine Vorteile ohne Nachteile“, ein Satz, der gewiß bei Dampfkessel-Anlagen in hohem Maße zur Geltung kommt, auch mehr oder minder bedeutende Nach-

teile gegenüberstehen. Bevor wir jedoch zur Aufzählung und Würdigung dieser Nachteile übergehen, mag es nicht überflüssig sein, nach den Ursachen zu forschen, durch welche die Vorteile der Ten-Brink-Feuerung hervorgebracht werden.

Die rauchfreie Verbrennung dieses Feuerungssystems läßt sich leicht erklären, wenn man die Bedingungen der rauchfreien Verbrennung ins Auge faßt. Diese Bedingungen sind bekanntlich, daß die Rauch und Ruß bildenden Gase (Kohlenwasserstoffe, Teerdämpfe) bei genügend hoher Temperatur (der sogenannten Entzündungstemperatur) mit der zu ihrer Verbrennung erforderlichen Luftmenge (Sauerstoff) gemischt werden; geschieht dies, so verbrennen dieselben zu Kohlensäure und Wasserdampf, welche bekanntlich farblos sind. Bei der Ten-Brink-Feuerung entwickeln sich die Rauch und Ruß bildenden Gase in dem oberen Teile des Verbrennungsraumes und zwar im wesentlichen auf der Rostplatte, wo die Kohlen der sogenannten trockenen Destillation unterliegen und ihre flüchtigen Bestandteile abgeben. Diese werden in dem Momente ihres Aufsteigens aus der Kohlenschicht von dem Feuerstrom getroffen, der aus dem unteren in voller Glut befindlichen Teile des Rostes nach oben zieht und mit einem Quantum Luft gemischt ist, welches durch die Rostspalten eingesaugt und selbstverständlich sehr hoch erhitzt ist. Gleichzeitig tritt in entgegengesetzter Richtung, also von oben nach unten, ein Strom frischer Luft hinzu, welche durch den über dem Füllkasten befindlichen Luftkanal eingeführt wird. Wir haben also bei dieser Feuerung eine bestimmte unveränderliche Stelle, und zwar im Anfange der Kohlenschichte über der Rostplatte, wo drei verschiedene Gasströme in drei verschiedenen Richtungen zusammentreffen, nämlich 1) der Strom der Rauch und Ruß bildenden Gase, 2) der vom unteren Teile des Rostes heraufziehende, mit Luft gemengte Feuerstrom und 3) der von oben hereinfallende Strom frischer Luft. Daß an dieser Stelle eine innige Mischung, Durchdringung der drei Gasströme stattfindet und daß die Rauch und Ruß bildenden Gase an dieser Stelle die zu ihrer Verbrennung erforderliche Temperatur und Luftmenge finden, bedarf wohl keiner weiteren Begründung. Erwähnt man noch, daß der ganze Prozeß der Entwicklung, Mischung und Entzündung der Rauch und Ruß bildenden Gase ein kontinuierlicher ist, nach Zeit und Menge in nahezu stetigen Verhältnissen vor sich geht, so ist leicht erklärlich, daß eine richtig disponierte Ten-Brink-Feuerung bei einiger Aufmerksamkeit in der Bedienung rauchfreie Verbrennung ergeben wird. Nur solchen Kohlensorten, deren Schlacken die Rostspalten in übermäßiger Weise verlegen, wird die Rauchverzehrung weniger vollständig, immerhin aber weit besser sein als mit der gewöhnlichen Planrostfeuerung.

Was nun die hohe Ausnutzung des Heizwertes der Kohlen durch die Ten-Brink-Feuerung betrifft, so läßt sich dieselbe durch das zusammenwirken folgender Ursachen erklären:

1) Durch die vollkommene Verbrennung aller in den Kohlen enthaltenen Wärme gebenden Bestandteile, womit eine möglichst hohe Temperatur im Verbrennungsraume verbunden ist. Letztere wird in unschädlicher Grenze gehalten durch den kalten Luftstrom, welcher über dem Rost zugeführt wird.

2) Mit 1. hängt zusammen, daß die Einrichtung und der kontinuierliche Gang der Feuerung dem Heizer die Möglichkeit gewähren, ja ihn unwillkürlich dazu führen, stets oder durchschnittlich mit dem Minimum der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge zu arbeiten, also dem Kessel eine möglichst kleine Heizgasmenge von möglichst hoher Temperatur zuzuführen.

3) Die vollkommene, also rauch- und rußfreie Verbrennung führt den wesentlichen Vorteil mit sich, daß die Wandungen des Kessels und der Züge von Rußschichten möglichst frei bleiben, also ihre Fähigkeit, die Wärme aufzunehmen resp. zu reflektieren, in unverändertem Maße beibehalten.

4) Ein großer Teil der Wärmeentwickelung findet innerhalb eines Kesselteils statt (Prinzip der inneren Feuerung), womit eine hohe Ausnutzung der strahlenden Wärme verbunden ist.

5) Die Abkühlungen und Wärmeverluste durch das Öffnen der Heiztüren sind gänzlich vermieden.

6) Wird die Ten-Brink-Feuerung an bestehende Dampfkessel angebracht, so erhalten diese eine Vermehrung der Heizfläche, womit in vielen Fällen, namentlich bei kleineren und stark angestrengten Kesseln, ohnehin eine bessere Ausnutzung der Wärme und nebenbei eine Steigerung der Dampfleistung erreicht wird. Dieser Zuwachs an Heizfläche ist überdies von der besten Qualität, umsomehr, als in dem Heizkörper der Ten-Brink-Feuerung eine lebhafte Wasserbewegung stattfindet.

7) Als letzte, jedoch nur in besonderen Fällen zur Geltung kommende Ursache des günstigen Nutzeffektes der Ten-Brink-Feuerung mag noch angeführt werden, daß bei unterbrochenem Betriebe eines Kessels das Anheizematerial wegfällt, indem die Luftzuführung z. B. über Nacht so vollständig abgeschlossen werden kann, daß sich die Kohlenschichte auf dem Roste noch am andern Morgen in Glut befinden und der volle Betrieb ohne eigentliches Anheizen sofort wieder aufgenommen werden kann. Dieser Vorteil ist jedoch nur dann zu erzielen, wenn es ohne Nachteil möglich ist, die Dampfspannung am Abend soweit sinken zu lassen, daß die Sicherheitsventile über Nacht nicht zum Abblasen gelangen können.

Als weitere Vorteile der Ten-Brink-Feuerung gegenüber der gewöhnlichen Planrostfeuerung haben wir noch zu bezeichnen, daß der eigentliche Kessel mehr geschont wird, indem die schädlichen Abkühlungen, welche durch das häufige Öffnen der Feuerthüren entstehen, gänzlich wegfallen, und ferner, daß das lästige Abrußen des Kessels und seiner Züge wenn auch nicht ganz beseitigt, so doch in hohem Maße verringert wird.

Nachdem wir nun die Vorteile der Ten-Brink-Feuerung erörtert haben, erübrigt uns noch, auch die Nachteile zu besprechen, die mit derselben verknüpft sind oder besser gesagt: sein mögen, weil in dieser Beziehung nur wenige Erfahrungen zu unserer Kenntnis gelangt sind. Wenn man die Zeichnung dieses Feuerungsapparates ansieht, so wird sich dem erfahrenen Dampfkessel-Techniker sofort der Gedanke aufdrängen, daß die komplizierten und stark beanspruchten Formen und Verbindungen des Apparates zu häufigen Undichtheiten, also zu Reparaturen und Betriebsstörungen führen müssen. Diese Annahme ist berechtigt, wenn der Apparat nicht mit dem nötigen Verständnis angelegt und nicht mit der nötigen Sorgfalt gearbeitet und befestigt ist, insbesondere aber dann, wenn die Stutzen- und Rohrverbindungen an den Kessel angeschraubt anstatt angenietet sind; denn eine solche Schraubenverbindung an einer feuerbestrichenen Stelle auf die Dauer dicht herzustellen, ist nicht jedermanns Sache und es ist vorgekommen, daß von 4 an bestehenden Bouilleurkesseln angebrachten Ten-Brink-Apparaten 2 derart an der Verbindung mit dem mittleren Sieder rinnen, daß das Ersetzen der Stutzen nach kaum 4 monatlichem Betriebe nötig war; die beiden anderen rinnten ebenfalls, doch nicht in demselben Maße. In zwei anderen Fällen mußte in dem einen der Ten-

Brink-Apparat wegen einer nicht dicht zu bringenden Stelle wieder herausgenommen und behufs Reparatur in die Kesselfabrik gebracht werden; in dem anderen Falle wurde der Apparat wegen Undichtheit und unrichtiger Disposition gänzlich beseitigt und durch einen anderen von einem besseren Lieferanten ersetzt werden. Diesen ungünstigen Fällen stehen andere gegenüber, in welchen eine Reihe von Apparaten schon seit 4 bis 5 Jahren ohne Anstand gearbeitet haben. Diejenigen Fälle, in welchen die Apparate und ihre Verbindungen schon seit Jahren ausgehalten haben, scheinen zu beweisen, daß man dieselben derart anfertigen kann, daß sie halten müssen.

Die Schwierigkeiten einer gediegenen Ausführung erklären auch den hohen Preis des Apparates; dieser beträgt trotz der zur Zeit sehr billigen Kesselschmiedearbeiten für einen Apparat mit einer Feuerung von $1^1/_8$ Quadratmeter Rostfläche mit Einschluß der Aufstellungs-Einmauerungskosten im Durchschnitt ungefähr 2500 Mark; für einen Apparat mit 2 Feuerungen von zusammen $2^1/_4$ Quadratmeter Rostfläche etwa 4000 Mark. Erste Firmen stellen noch höhere Preise, andere auch billigere; vor billigen Angeboten ist entschieden zu warnen, denn diese können in der Regel nur auf Kosten der Qualität erzielt werden.

Der hohe Preis des Apparates und die Möglichkeit der raschen Abnutzung desselben legen die Erwägung nahe, ob es bei 20 % Kohlenersparnis vorteilhaft sein möchte, einen bestehenden Kessel mit Ten-Brink-Feuerung versehen zu lassen. Hierüber kann eine Rentabilitätsrechnung einigen Aufschluß gewähren. Nehmen wir an, der Ten-Brink-Apparat erfordere eine Kapitalauslage von 4000 Mark und müsse nach einem 10 jährigen Gebrauch durch einen neuen ersetzt werden; ferner, daß der zugehörige Kessel täglich 1500 Kilo $= 1^1/_2$ Tonnen Kohlen zu 24 Mark die Tonne konsumiere und 300 Tage im Jahre betrieben werde, so ergiebt sich folgende Rechnung:

5 % Zinsen von 4000 Mark Anlagskapital		= 200 Mark
10 % Abnutzung		= 400 „
		600 Mark
20 % Kohlenersparnis $= \frac{300 \times 1,5}{5} =$ 290 Tonnen à 24 M.		= 2160 Mark
hiervon obige	600 Mark	
ferner für Reparaturkosten . . .	60 „	
	660 Mark	660 „
		1500 Mark.

Dieser jährliche Gewinn reduziert sich indessen auf 520 Mark, wenn die Kohlen nur halb soviel kosten oder Kohlenersparnis nur 10 % beträgt. Demnach dürfte die Möglichkeit der raschen Abnutzung und wiederholte Reparaturen des Apparates außer Betracht fallen, wenn die Kohlen teuer sind und ein Reservekessel zur Verfügung steht. Zu vergessen ist nicht, daß man durch den Ten-Brink-Apparat auch einen Zuwachs an Heizfläche und zwar der besten Qualität gewinnt, womit an und für sich eine Vermehrung der Dampfproduktion verknüpft ist.

Als weiterer Mangel der Ten-Brink-Feuerung wird angeführt, daß dieselbe nicht gestatte, bald viel bald wenig Dampf in raschem Wechsel zu erzeugen, wie dies bei manchen Gewerbebetrieben z. B. bei Färbereien, Bleichereien, Bierbrauereien, Walzwerken und Zuckerfabriken ꝛc. notwendig ist. Dieser Einwurf ist, soweit es sich um einen sehr raschen und häufig wiederkehrenden

Wechsel und gleichzeitig um sehr große Differenzen im Dampfbedarf handelt, gerechtfertigt und resultiert der fragliche Mangel aus dem kontinuierlichen gleichmäßigen Gange der Feuerung. Wenn in jeder Zeiteinheit, z. B. in jeder Viertelstunde, immer ein gleich großes Quantum Kohlen zur Verbrennung gelangt, wie dies bei der Ten-Brink-Feuerung im Großen und Ganzen der Fall ist, so wird auch in jeder Viertelstunde stets eine gleich große Menge Dampf erzeugt. Steigt der Dampfbedarf, so muß man eben mehr Kohlen verbrennen. Letzteres läßt sich bekanntlich bei der gewöhnlichen Planrostfeuerung in sehr ausgiebigem Maße und verhältnismäßig rasch erreichen, während in dieser Hinsicht bei der Ten-Brink-Feuerung engere Grenzen gesteckt sind, die man nicht überschreiten darf, ohne den Gang der Feuerung in Unordnung zu bringen und damit alle Vorteile dieses Feuerungssystems einzubüßen. Übrigens ist dieser Mangel nicht so bedeutend, als es auf dem ersten Blick erscheinen mag, wie aus den weiter oben beschriebenen in der Pumpstation zu Regensburg angestellten Versuchen hervorgeht. Dort schwankte beim Betrieb zweier Maschinen der stündliche Dampfbedarf zwischen 952 bis 606 Kilo und sank bei Abstellung der einen Maschine auf 354 Kilo, ohne daß die Grenzen der stündlichen Dampferzeugung nach der einen oder nach der anderen Seite bereits erreicht gewesen wären. Dabei kamen wiederholt ganz unvermittelte Übergänge vor, indem eine Maschine wegen eines kleinen Defektes plötzlich abgestellt werden mußte und die Reservemaschine erst nach Ablauf einer vollen Viertelstunde in Gang gesetzt werden konnte. Selbst bei diesen plötzlichen Übergängen wurde der Gang der Feuerung in keiner Weise gestört, die Sicherheitsventile bliesen nicht ab und die Dampfspannung schwankte höchstens um ½ Atmosphäre. Zur Regulierung des Feuers, entsprechend der jeweils benötigten Dampfmenge, bedurfte es keines anderen Mittels als der Verstärkung oder Minderung des Kaminzuges durch entsprechende Stellung des Kaminschiebers. Nur bei dem Übergange zu dem 7. Versuche, bei welchem der Dampfbedarf für einen ganzen Tag auf die Hälfte herabsank, wurde zur Erzielung einer dünneren Kohlenschicht der Füllkastendeckel versetzt, was übrigens in sehr bequemer Weise in einigen Minuten vollzogen war.

Wenn also wie bei diesen Versuchen mit einer gut disponierten Kesselanlage die Dampfproduktion um das Doppelte und Dreifache und zwar sozusagen plötzlich gesteigert resp. gemindert werden kann, ohne besondere Hülfsmittel anzuwenden und ohne irgend eine Störung hervorzurufen, so darf man wohl sagen, daß die Ten-Brink-Feuerung nicht nur für Betriebe mit konstantem sondern auch für solche mit rasch wechselndem Dampfbedarfe geeignet ist. Nur wenn sich dieser Wechsel im Dampfkonsum häufig wiederholt, dann kann man von dem Heizer nicht mehr verlangen, daß er seine Ten-Brink-Feuerung demgemäß beständig reguliere und die erforderliche Dampfmenge resp. Dampfspannung stets zur Verfügung habe; eine so unregelmäßige, in beliebigen Sprüngen sich bewegende Dampferzeugung läßt sich übrigens auch nicht mit der gewöhnlichen Planrostfeuerung nicht ohne Unannehmlichkeiten und Verluste zu Wege bringen,

Wenn mehrere z. B. 2 oder 3 Kessel zu einem Betriebe zusammenwirken, so kann man jeder Anforderung hinsichtlich Dampferzeugung gerecht werden, indem man 1 oder 2 Kessel mit Ten-Brink-Feuerung versieht, während der andere Kessel die gewöhnliche Planrostfeuerung behält.

Hinsichtlich der Brennmaterialsorten, welche bei der Ten-Brink-Feuerung angewandt werden können, ist zu bemerken, daß die meisten und bestgelungenen

Versuche bis jetzt mit Saarkohle ausgeführt wurden. Aber auch andere Kohlen, wie z. B. böhmische, sächsische und Ruhrkohlen, ferner Hobel- und Sägespäne u. s. w. sind mit gutem Erfolge angewandt worden und ist daher auch nicht daran zu zweifeln, daß auch Braunkohlen und selbst Torf bei der Ten-Brink-Feuerung noch gute Resultate ergeben werden, wenn die ganze Anlage darnach eingerichtet ist. Insbesondere wird nun der Neigungswinkel des Rostes nach dem Böschungswinkel des Brennmaterials und nach der Beschaffenheit seiner Schlacken derart gewählt werden müssen, daß die Brennmaterialschicht nicht zu rasch und nicht zu langsam auf der Rostfläche niederrutscht. Im allgemeinen scheinen die Kohlen, welche viel Schlacken von einer Art absetzen, die sich an den Roststäben leicht festbrennen, für die Ten-Brink-Feuerung nicht geeignet zu sein, weil durch das Anhaften der Schlacken das regelmäßige Abrutschen der Kohlen behindert wird und der Heizer diese Schlacken von unten durch die Rostspalten hindurch nicht abstoßen kann, ohne zu ermüden und den regelrechten Gang der Feuerung zu stören. Das Gleiche gilt von den feinen sogenannten Grieskohlen, von welchen man überdies wird erlangen müssen, daß sie von backender Beschaffenheit sind, damit sie nicht in übergroßer Menge durch die Rostspalten fallen; feinstäbige Roste sind nicht anwendbar, weil der Rost von unten durch die Rostspalten gereinigt werden muß, wodurch lange Roststäbe und verhältnismäßig weite Rostspalten bedingt sind.

Was nun die richtige Bedienung der Ten-Brink-Feuerung betrifft, so gestaltet sich diese für den Heizer einfacher und bequemer, als bei der gewöhnlichen Planrostfeuerung, weil die Handhabung der Feuerthür und das Ausbreiten der Kohlen auf der Rostfläche ganz hinwegfallen und das Schlacken des Feuers sich nur auf das Reinhalten der Rostspalten beschränkt, was in bequemer Weise geschehen kann. Selbstverständlich muß der Heizer für die neue Feuerung erst eingeschult werden.

Aus der vorstehenden Abhandlung wird jeder, der mit der Anlegung und dem Betriebe von Dampfkesseln vertraut ist, entnehmen können, ob und in welchen Fällen es vorteilhaft sein möchte, einen Versuch mit der Ten-Brink-Feuerung zu machen.

Verdampfungsversuche mit einem Röber'schen Patentroste.*)

Wegen Unzufriedenheit der Besitzer einer Färberei mit der Leistung eines angelieferten automatischen Rostes, sogenannten Selbststocher, Patent Röber, wurde der Chef-Ingenieur der Gesellschaft zur Überwachung von Dampfkesseln zu M. Gladbach herangezogen, weil die Ansichten ersterer mit derjenigen des Lieferanten bezüglich der Brauchbarkeit und Leistungsfähigkeit des Rostes divergierten. Beide Teile einigten sich schließlich dahin, das Resultat eines von dem Chef-Ingenieur vorzunehmenden Verdampfungsversuches als maßgebend zu betrachten; blieb die Leistung des Rostes hinter dem verlangten Maße zurück, so sollte der Lieferant, im umgekehrten Falle die Besteller der unterliegende Teil sein.

*) Sechster Geschäftsbericht der Gesellschaft zur Überwachung von Dampfkesseln zu M. Gladbach.

Die Einrichtung besteht im wesentlichsten nur darin, daß mittelst einer Schnecke das Brennmaterial kontinuierlich auf die Roste geschoben wird.

Zur richtigen Beurteilung der Brauchbarkeit wären zwei vergleichende Versuche am Platze gewesen, einmal hätte der Versuch mit dem bisherigen gewöhnlichen Planroste und das andere Mal mit dem Patentroste ausgeführt werden müssen. Der Planrost war aber beseitigt und mußte aus dieser Ursache ein Versuch mit demselben ausfallen.

Der mit dem automatischen Rost betriebene Dampfkessel ist seiner Konstruktion nach ein sogenannter Dupuy's Röhrenkessel.*) Dieses Kesselsystem hat sich aber bezüglich der Leistungsfähigkeit und auch in anderer Hinsicht gut bewährt und verschiedene früher damit angestellte Verdampfungsversuche ergaben ein gutes Resultat in ökonomischer Hinsicht. Beide streitenden Teile einigten sich nun weiter dahin, die Brauchbarkeit des Rostes von folgenden Bedingnngen abhängig zu machen:

a) 1 Kilo verfeuerte Steinkohle soll mindestens 7 Kilo Wasser verdampfen;

b) 1 Quadratmeter Heizfläche soll pro Stunde mindestens 20 Kilo Dampf erzeugen.

Die Rostfläche betrug 1,4 Quadratmeter.
Die Heizfläche betrug 51 Quadratmeter.
Das Verhältnis beider demnach wie 1:36,4

Die Kohle, von der Zeche Wilhelmine Viktoria, wurde genau abgewogen und in gewöhnlichem Zustande verfeuert. Ein Zurückwiegen von Asche und Schlacken fand nicht statt.

Das Wasser wurde aus einem genau ausgemessenem Gefäße zugespeist. Die Temperatur desselben betrug nur 10° C. Dauer des Versuches war 5 Stunden 10 Minuten. Die Verdampfung fand bei offenem Mannloche statt.

Bei Beendigung des Versuchs stand das Wasser im Kessel genau auf derselben Höhe wie zu Anfang und der Rost war in gleicher Weise beschickt.

Das Resultat stellte sich nun wie folgt:

Ganzes verdampftes Wasserquantum = 4516 Liter.
Ganzes verfeuertes Kohlenquantum = 600 Kilo.

1 Kilo Kohle verdampfte demnach = 7,52 Kilo Wasser von 10° C. und 1 Quadratmeter Heizfläche produzierte pro Stunde = 17,13 Kilo Dampf.

Die ökonomische Leistung ging also über das verlangte Maß hinaus, während die quantitative in etwas zurückblieb. Durch Vergrößerung der Rostfläche ist man aber leicht im stande, die Produktivität zu vermehren, die ökonomische Leistung wird dann freilich geringer werden.

Die gleichzeitig während des Versuches angestellten Pyrometer-Untersuchungen ergaben eine Temperatur der abziehenden Feuergase von 170° bis 210° C.

Im ganzen entsprach also das Resultat den gestellten Bedingungen, trotzdem können sich die Besitzer mit dem Apparate nicht befreunden. Wenn dieselben nun aber behaupten, früher, mit dem gewöhnlichen Planroste, weniger Kohlen gebraucht und mehr Dampf erzeugt zu haben, so kann diese Ansicht doch nur in letzterer Beziehung richtig sein. Alle automatischen Feuerungseinrichtungen, den Treppenrost nicht ausgenommen, eignen sich wenig zum Betriebe von Dampfkesseln, bei denen immer wechselnde Dampfentnahmen stattfinden, wie dies bei den Kesseln der Färbereien, Zuckerfabriken ꝛc. zutrifft. Eine derartige Feuerungseinrichtung gestattet keinen forcierten oder stark wechseln-

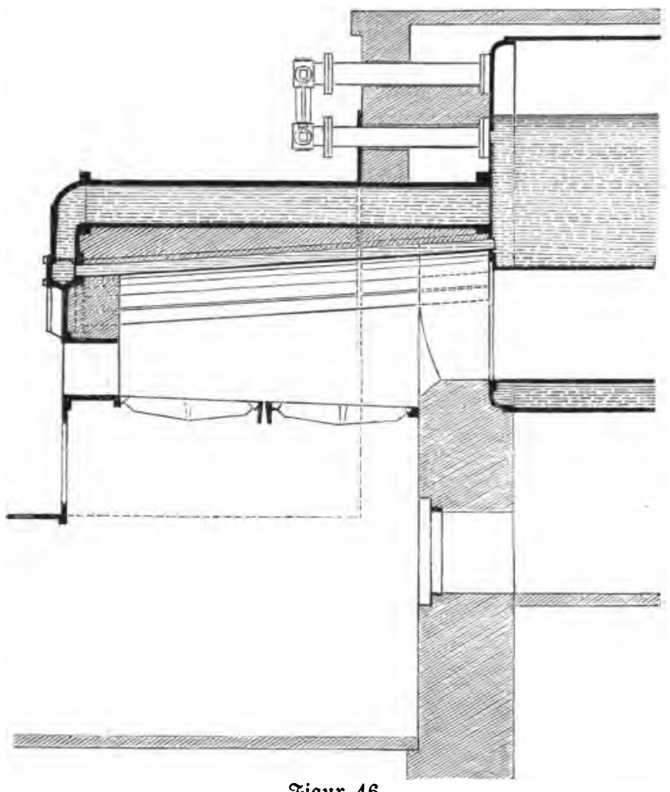
*) „Vollständige Dampfkessel-Anlagen von Thielmann", Figuren 78 und 79. Verlag Karl Scholtze, Leipzig.

den Betrieb; wenn nun gar, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Heizfläche der Kesselanlage eines solchen Etablissement für die verlangte Dampfproduktion von vornherein kaum ausreicht, so ist es ganz verkehrt, einen solchen Selbststochen anzubringen. Der gewöhnliche Planrost dagegen erlaubt alle möglicher Variationen, der Kessel kann, wenn es not thut, auch mal forcierter betrieben werden und der Heizer ist im stande das Feuer der Dampfentnahme entsprechend zu regeln.

Verdampfungsversuch mit einem Paukschen Röhrenkessel.*)

Figur 46.

Zwecks Feststellung der Verdampfungsfähigkeit eines von der Firma H. Pauksch in Landsberg konstruierten Röhrenkessels mit Vorfeuerung wurde



Figur 46.

am 19. Juli 1879 in Landsberg ein Verdampfungsversuch mit dem quäst. Kessel bei offenem Mannloch, unter Kontrolle zweier Ingenieure aus Hamburg,

*) Zehnter Jahresbericht des Norddeutschen Vereines zur Überwachung von Dampfkesseln in Hamburg.

der hamburgische Dampfkessel-Revisor und der Ober-Ingenieur des Norddeutschen Vereines zur Überwachung von Dampfkesseln vorgenommen.

Der Kessel hat einen Durchmesser von 2 Meter. In demselben liegt ein aus 4 geflanschten Schüssen bestehendes Flammrohr. Der Durchmesser des Flammrohres beträgt 750 Millimeter, indessen ist der erste Schuß konisch und vorn auf 600 Millimeter Durchmesser zusammengezogen. Außer diesem Flammrohre enthält der Kessel 90 Stück durchgehende Heizröhren von 65 Millimeter Durchmesser. Die Decke des Gewölbes der Vorfeuerung besteht aus einem System von Wasserröhren, welche mit dem Kessel verbunden sind, und von dem Kesselwasser durchströmt werden.

Die Kohlen (von Herne-Bochum, Westfalen) wurden dem Heizer direkt zugewogen. Die Speisung erfolgte durch ein oberhalb des Kessels angebrachtes zylindrisches Eisenbassin, welches mit einem Überfallrohre versehen war.

Der gesamte Wasserinhalt des Bassins inkl. der Rohrleitung zum Kessel wurde gewogen, und zu 875 Kilo bei 16° R. ermittelt.

Nachdem der Rost ordnungsgemäß beschickt, der Aschenfall gereinigt war, und nachdem die Dampfentwickelung begonnen hatte, wurde der Wasserstand am Wasserstandsglase markiert und um 10 Uhr 9 Minuten Morgens der Versuch begonnen. Nachmittags 4 Uhr 58 Minuten, nachdem die Beschickung des Rostes und die Wasserstandshöhe wieder in den Anfangszustand gebracht, wurde der Versuch geschlossen.

Die Resultate sind in folgenden Tabellen X. und XI. zusammengestellt.

Tabelle X.

Dauer des Versuches.	Verbrauchte Kohle in Kilo			Verdampftes Wasser in Kilo.	Verdampftes Wasser per Kilo Kohle		Temperatur des Speisewassers im Durchschnitt.	Rostfläche in Quadratmetern.	Heizfläche in Qu.-Metern	
	Brutto.	Schlacke und Asche.	Netto.		Brutto.	Netto.			innere	gesamte.
6 Stdn. 49 Min.	929	27	902	9625	10,36	10,671	21,57° C.	1,55	103,3	121,54

Tabelle XI.

Verhältnis der Rostfläche zur Gesamt-Heizfläche.	Temperatur der abziehenden Gase im Seitenzuge hinten, im Durchschnitt °C.	pro Stunde wurden Kilo Kohlen verbrannt			pro Stunde wurden Kilo Wasser verdampft			Verdampfungs-Oberfläche bei einem Wasserstande von 50 Millimeter über N.W. in Quadratmetern.
		überhaupt.	Brutto pro Quadratmeter Rostfläche.	pro Quadratmeter Gesamt-Heizfläche.	überhaupt.	pro Quadratmeter Rostfläche.	pro Quadratmeter Gesamt-Heizfläche.	
1 : 78,36	179,24	136,28	87,866	1,121	1411,98	910,37	11,617	7,6

In Gegenwart der kontrollierenden Beamten wurden Proben der verwandten Kohlen genommen, in 2 Kisten verpackt, versiegelt und eine dieser Proben an Herrn Dr. Ziurek in Berlin und eine an Herrn Dr. Delbrück zur Untersuchung gesandt.

Die Resultate der Analysen waren folgende:

Nach Dr. Ziurek:

Kohlenstoff	0,8722 Kilo
Wasserstoff	0,0492 „
Sauerstoff ꝛc. . . .	0,0643 „
Asche	0,0025 „
Wasser	0,0118 „
	1,0000 Kilo Kohle.

Nach Dr. Delbrück:

Kohlenstoff	0,792 Kilo
Wasserstoff	0,053 „
Sauerstoff ꝛc. . . .	0,138 „
Asche	0,003 „
Wasser	0,014 „
	1,000 Kilo Kohle.

Im Durchschnitt ergiebt sich daraus:

Kohlenstoff. . . $\frac{0,8722 + 0,792}{2} = 0,8321$

Wasserstoff. . . $\frac{0,0492 + 0,053}{2} = 0,0511$

Sauerstoff ꝛc. . . $\frac{0,0643 + 0,138}{2} = 0,1012$

Asche . . . . $\frac{0,0025 + 0,003}{2} = 0,0027$

Wasser . . . . $\frac{0,0118 + 0,014}{2} = 0,0129$

1,0000 Kilo Kohle.

Angenommen, daß sämtlicher Sauerstoff mit Wasserstoff verbunden, so ergeben, da sich 8 Gewichtsteile Sauerstoff mit 1 Gewichtsteil Wasserstoff zu 9 Gewichtsteilen Wasser verbinden:

$\frac{0,1012}{8}$ = 0,01265 Kilo Wasserstoff + 0,1012 Kilo Sauerstoff = 0,11385 Kilo Wasser.

Die Wasserstoffmenge beträgt alsdann:

0,0511 — 0,01260 = 0,03845 Kilo Wasserstoff.

Man erhält also:

Kohlenstoff	0,83210
Wasserstoff	0,03845
Wasser 0,11385 + 0,129 =	0,12675
Asche	0,00270
	1,00000 Kilo Kohle.

Ergebnisse einiger Indikator- und Verdampfungsversuche.*)

Die bei den nachstehend aufgeführten Versuchen zur Verwendung gekommenen Richard'schen Indikatoren wurden vor jedem Versuche unter Dampfdruck geprüft und korrigiert.

Die Bestimmung der verbrauchten Speisewasser- und Kohlenmengen geschah in jedem durch direkte Wägung.

I. Versuch in einer Reismühle

am 12. Januar 1876 (Versuchsdauer 6½ Stunde).

Horizontale Zwillings-Dampfmaschine mit Kondensation und Ventilsteuerung (System Sulzer).

Dampfkesselanlage: 1 Röhrenkessel (System Piedboeuf), totale Heizfläche 203 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 4,5 Atm.

1 Kilo Steinkohle (Zeche Hannibal) hat 7,36 Kilo Wasser von 5° C. verdampft.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 199 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 10,93 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 1,47 Kilo Steinkohlen.

Ursache des bedeutenden Kohlenverbrauches war Überlastung der Maschine. Die Maschine arbeitete mit 30—35 % Füllung, während die vorteilhafteste Füllung 15—20 % beträgt.

Auf Vorschlag wurde eine dritte Maschine aufgestellt.

Zu erwartende Kohlenersparnis bei durchschnittlicher Leistung von 200 Indikator-Pferdekräften pro Stunde zirka 52 Kilo, pro Jahr (bei Tag- und Nachtbetrieb) zirka 31 200 Kilo.

II. Versuch in einer mechanischen Weberei

am 2. März 1876 (Versuchsdauer 12 Stunden).

Zwillings-Balancier-Dampfmaschine mit Kondensation (System Woolf, Hick'sche Schiebersteuerung).

Dampfkesselanlage: 2 Zweiflammrohrkessel mit Innenfeuerung und ein Green'scher Economiser, totale Heizfläche 210 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 4 Atm. Überdruck.

1 Kilo Steinkohle (Zeche Konstantin) hat 7,9 Kilo Wasser von 36,3° C. verdampft.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 101 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 21,7 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 2,75 Kilo Steinkohle.

Ursache des bedeutenden Kohlenverbrauchs war mangelhafte Steuerung, enge Dampfkanäle, undichte (horizontale) Expansionsventile, undichte Kolben.

*) Geschäftsbericht 1876 des Vereins zur Überwachung der Dampfkessel in Hannover.

Auf Vorschlag wurden neue Zylinder mit Dampfmänteln und andere Schiebersteuerung angebracht.

Zu erwartende Kohlenersparnis pro Jahr zirka 443 000 Kilo.

III. Versuch in einer Hartgummi-Fabrik

am 2. April 1876.

Horizontale Maschine ohne Kondensation, mit verstellbarer Expansion (Meyer'sche Schiebersteuerung).

Mängel: Unruhiger (stoßender) Gang der Maschine.

Ursache des unruhigen Ganges: Fehler an der Steuerung (zu wenig Voreilung und langsames Öffnen der Kanäle). Abgeändert mit Erfolg durch neuen Grundschieber und Versetzung des Exzenter.

IV. Versuch in einer Tuchfabrik

am 24. April 1876 (Versuchsdauer 10½ Stunden).

Horizontale Zwillingsdampfmaschine ohne Kondensation, mit verstellbarer Expansion (Meyer'sche Schiebersteuerung).

Dampfkesselanlage: 1 Zweiflammrohrkessel mit Innenfeuerung, 1 Einflammrohrkessel mit Unterfeuerung, totale Heizfläche 85 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 3,95 Atm.

1 Kilo Steinkohle (Zeche Germania) verdampfte 7,3 Kilo Wasser von 43° C.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 37 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 31,53 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 4,3 Kilo Steinkohlen.

Ursache des bedeutenden Kohlenverbrauchs war Überlastung der Maschine und mangelhafte Steuerung.

Auf Vorschlag wurde eine neue Maschine (Sulzer'sche Ventilsteuerungsmaschine mit Kondensation) angeschafft.

V. Versuch in einer Ziegelei

am 10. Mai 1876 (Versuchsdauer 6¼ Stunde).

Horizontale Maschine ohne Kondensation, mit verstellbarer Expansion (Meyer'sche Schiebersteuerung).

Dampfkesselanlage: 1 Zweiflammrohrkessel mit Innenfeuerung, totale Heizfläche 34 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 3,78 Atm.

1 Kilo Steinkohle (Klosterstollen bei Barsinghausen am Deister) verdampfte 5,24 Kilo Wasser von 9,6° C.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 37,4 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 18,7 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 3,5 Kilo Steinkohle.

Mängel: ungünstige Verhältnisse der Dampfkesselanlage, forciertes Feuern, nasser Dampf.

Die Anlegung eines größeren Kessels wurde vorgeschlagen.

Indikator- und Verdampfungsversuch mit derselben Maschine aber mit einem neuen Zweiflammrohrkessel von 75 Quadratmeter totaler Heizfläche, am 23. September 1876 (Versuchsdauer 5¼ Stunden).

Mittlere Dampfspannung 4 Atmosphären.

1 Kilo Steinkohle (Klosterstollen) verdampfte 4,77 Kilo Wasser von 12,3° C.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 36 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 15,8 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 3,3 Kilo Steinkohlen.

VI. Versuch in einer Dampfmühle.

am 21. August 1876 (Versuchsdauer 11½ Stunden).

Horizontale Maschine ohne Kondensation mit selbstthätig verstellbarer Expansion (vereinfachte Korlißsteuerung).

Dampfkesselanlage: 2 Zylinderkessel mit Unterfeuerung und mit je einem Unterkessel, totale Heizfläche 74 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 3,5 Atm.

1 Kilo Steinkohle (Limberger) verdampfte 5,07 Kilo Wasser von 10,5° C.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 33 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 24,8 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 4,9 Kilo Steinkohlen.

Mängel: Bedeutende Dampfdrosselung durch enge Schieberkanäle; wurden daher beseitigt.

VII. Versuch in einer Dampfmühle.

am 26. Oktober 1876 (Versuchsdauer 11 Stunden).

Horizontale Zwillingsdampfmaschine ohne Kondensation, mit verstellbarer Expansion (Meyer'sche Schiebersteuerung).

Dampfkesselanlage: 4 Zylinderkessel mit Unterfeuerung und mit je einem Unterkessel, totale Heizfläche 80 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 3,9 Atm.

1 Kilo Steinkohle (Piesberger Anthracit) verdampfte 6,66 Kilo Wasser von 49° C.

Durchschnittliche Leistung der Maschine 56 Indikator-Pferdekräfte.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 28,58 Kilo Speisewasser.

Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 4,29 Kilo Steinkohlen.

Ursache des bedeutenden Kohlenverbrauchs war Überlastung der Maschine.

Die Anlegung einer neuen Maschine wurde vorgeschlagen. Zu erwartende Kohlenersparnis pro Jahr zirka 411 000 Kilo.

VIII. Versuch in einer mechanischen Weberei

am 28. Oktober 1876 (Versuchsdauer 7 Stunden).

Horizontale Zwillingsdampfmaschine mit Kondensation und selbstthätig verstellbarer Expansion (Korlißsteuerung).

Dampfkesselanlage: 2 Zweiflammrohrkessel mit Innenfeuerung und ein

Green'scher Economiser, totale Heizfläche 180 Quadratmeter, mittlere Dampfspannung 4,8 Atm.

1 Kilo Steinkohle (Ruhrkohle) verdampfte 8,16 Kilo Wasser von 13,5° C.
Durchschnittliche Leistung der Maschine 175 Indikator-Pferdekräfte.
Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 16,46 Kilo Speisewasser.
Verbrauch per Stunde und 1 Indikator-Pferdekraft 2,017 Kilo Steinkohlen.
Ursache des bedeutenden Kohlenverbrauchs war Überlastung der Maschine.
Auf Vorschlag wurde eine neue Maschine aufgestellt.
Zu erwartende Kohlenersparnis pro Jahr zirka 499 000 Kilo.

Verdampfungsversuche unter Verwendung von Anthracitkohle des städtisch Osnabrücker Steinkohlenwerkes am Piesberge bei Osnabrück.*)

Diese Versuche wurden während der Zeit vom 1. bis 6. Oktober 1878 bei einem kontinuierlichen Betriebe ausgeführt.

Am südlichen Abhange des Piesberges befindet sich der sogenannte Haseschacht mit einer Dampfkesselanlage von 21 Kesseln, während am nördlichen Abhange der sogenannte Stüveschacht eine solche mit 4 Kesseln hatte. Letztere befanden sich während des Jahres 1878 gänzlich außer Betrieb. Die sämtlichen Dampfkessel liegen zu Tage. Am Haseschacht nun, wo die Versuche stattfanden, dienen die fraglichen Dampfkessel

1) zum Betriebe einer Wasserhaltungsmaschine von 2250 Millimeter Zylinderdurchmesser,
2) zum Betriebe einer Fördermaschine (Zwillingsmaschine) von 628 Millimeter Zylinderdurchmesser,
3) zum Betriebe einer Dampfmaschine für die mechanische Werkstatt von 235 Millimeter Zylinderdurchmesser und
4) zum Betriebe von 4 Dampfspannungen für die Kesselspeisung.

In Figur 47 ist die Anordnung der sämtlichen 21 Kessel angegeben; dieselben liegen in 3 verschiedenen Gruppen, für welche ein gemeinschaftliches Dampfrohr vorhanden ist.

Figur 47.

Die in der Figur schraffierten Kessel Nr. 13, 14, 19 und 20 waren während der Versuchsdauer außer Betrieb (Nr. 13 und 14 sind mit Nr. 9—12 und Nr. 19 und 20 mit Nr. 15—18 gleichartig). Die fraglichen 17 Kessel haben folgende Größe und Bauart (Tabelle XII).

*) Geschäftsbericht 1878 des Vereins zur Überwachung der Dampfkessel in Hannover.

Tabelle XII.

Nr.		Heizfläche in Qu.-Met.	Rostfläche in Qu.-Met.
1	Flammrohrkessel mit 2 Flammröhren und Vorfeuerung	66,84	3,4
2	" " " " " "	66,84	3,4
3	" " " " " "	66,84	3,4
4	" " " " " "	66,84	3,4
5	" " " " " "	67,71	3,4
6	" " " " " "	67,71	3,4
7	" " " " " "	67,71	3,4
8	" " " " " "	67,71	3,4
9	Zylinderkessel mit einem Unterkessel und Zwischen-Feuer	32,62	2,25
10	" " " " " " "	32,62	2,25
11	" " " " " " "	32,62	2,25
12	" " " " " " "	32,62	2,25
15	" " " " " " "	32,33	2,73
16	" " " " " " "	32,33	2,73
17	" " " " " " "	32,33	2,73
18	" " " " " " "	32,33	2,73
21	Doppelkessel*), der untere mit 2 Flammröhren, der obere mit vielen Heizröhren; Vorfeuerung	67,71	3,4
	Summa	865,71	50,52

Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche beträgt also

bei den Kesseln Nr. 1—4 . . . . $\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Heizfläche}} = \frac{3{,}4}{66{,}84} = \frac{1}{19{,}6}$

bei den Kesseln Nr. 5—8 und Nr. 21 $\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Heizfläche}} = \frac{3{,}4}{67{,}71} = \frac{1}{19{,}9}$

bei den Kesseln Nr. 9—12 . . . . $\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Heizfläche}} = \frac{2{,}25}{32{,}62} = \frac{1}{14{,}4}$

bei den Kesseln Nr. 15—18 . . . . $\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Heizfläche}} = \frac{2{,}73}{32{,}33} = \frac{1}{11{,}8}$

Im Mittel würde betragen

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Heizfläche}} = \frac{50{,}52}{865{,}71} = \frac{1}{17}$$

Die Roste sind sämtlich Planroste und die zur Verwendung kommenden Roststäbe sind gußeiserne von 500 Millimeter Länge und 7 Millimeter Stärke; die Rostspalten 6 Millimeter. Hiernach war das Verhältnis der freien Rostfläche zur totalen Rostfläche

bei den Kesseln Nr. 9—12 und Nr. 15—18 $\frac{\text{freie Rostfläche}}{\text{totale Rostfläche}} = \frac{0{,}76}{2{,}25} = \frac{1}{2{,}96}$

bei den Kesseln Nr. 1—8 und Nr. 21 . . . $\frac{\text{freie Rostfläche}}{\text{totale Rostfläche}} = \frac{1{,}2}{3{,}4} = \frac{1}{2{,}83}$

---

*) Der obere steht nur durch ein Rohr mit dem unteren in Verbindung, welches den Dampfraum des ersteren Kessels mit dem des letzteren verbindet, so daß also eigentlich 2 gesonderte Kessel vorhanden sind, wovon jeder seine besondere Speise- und Ablaßrohrleitung, sowie Wasserstandsapparat besitzt.

Im Mittel beträgt also $\frac{\text{freie Rostfläche}}{\text{totale Rostfläche}} = \frac{1}{2{,}89}$.

Für die abziehenden Gase der sämtlichen Kessel ist ein gemeinschaftlicher Schornstein vorhanden, welcher gleichzeitig als Ventilationsschornstein für den Schacht dient; dieser Schornstein hat eine Höhe von 40 Meter, sein lichter Querschnitt ist unten quadratisch und zwar 2,825 Meter, nach oben wird derselbe rund mit einer Öffnung von 2,511 Durchmesser. Es beträgt hiernach:

$$\frac{\text{Querschnitt der Schornsteinmündung}}{\text{gesamte Rostfläche}} = \frac{1}{10{,}3}$$

Die durchschnittliche Zuggeschwindigkeit im Schornstein entspricht einer Wassersäule von 9—10 Millimeter.

Zur Vornahme der Versuche, wie auch überhaupt für den Betrieb der fraglichen Dampfkesselanlage, wurden die aus den dortigen Grundstreckenbau gewonnenen Förderkohlen verwendet. Dieselben konnten nur als mittelwertig bezeichnet werden, da sie zum großen Teil aus Gruß bestanden, mit erdigen Bestandteilen vermischt waren und vielfach in sehr nassem Zustande den Dampfkesselfeuerungen zugeführt wurden. Reine Stückenkohle kam nur dann zur Verwendung, wenn eine Feuerung gereinigt und abgeschlackt war und darnach ein gutes reines Feuer wieder erzeugt werden sollte. Das zu diesem Zweck verbrauchte Quantum betrug 14,7 % der total verbrauchten Kohlenmenge. Die Kohlen wurden auf Dezimalwagen abgewogen den Feuerungen zugeteilt.

Zur Speisung der Dampfkessel sind 4 Dampfpumpen (in der Figur mit P bezeichnet) vorhanden, deren Saugröhren nach dem bei B aufgestellten Sammelgefäße führten. Die Druckröhren kommunizierten derart, daß man im stande ist, jeden der sämtlichen Dampfkessel mittelst irgend einer der vier Dampfpumpen zu speisen.

Über dem Sammelgefäße B war dann auf einer Dezimalwage ein 500 Liter haltendes Gefäß aufgestellt, in welchem jedesmal sorgfältig ein Wasserquantum von 500 Kilo abgewogen und von hier in das Sammelgefäß abgelassen wurde. Dem Maßgefäße wurde das Wasser aus vorhandenen Sammelbassins direkt zugeführt.

Nachdem nun, um Wasserverluste zu verhüten, sämtliche Röhrenleitungen u. s. w. revidiert resp. gedichtet, die Wasserstände der einzelnen Kessel notiert waren und ein genügendes Quantum an Kohlen und Speisewasser abgewogen war, begann am Dienstag, den 1. Oktober Vormittags 8 Uhr, der Versuch und endete am Sonntag, den 6. Oktober Vormittags 8 Uhr. Es sei noch bemerkt, daß die Versuche nicht etwa dazu dienen sollten, den Heizwert der fraglichen Anthracitkohle für Dampfkesselfeuerungen zu bestimmen, sondern es geben die Resultate des Versuchs, da derselbe bei einem ununterbrochenen Betrieb zu beliebiger Zeit unter Beibehaltung der vorhandenen Verhältnisse vorgenommen wurde, einen Anhalt zur Beurteilung des dortigen Betriebes und sind die Ursachen für den nicht gerade günstig ausgefallenen Versuch leicht erklärlich. In nachstehender Tabelle XIII sind die gewonnenen Daten angegeben:

Tabelle XIII.

Oktober.	Durchschnittliche Temperatur des Speisewassers im Sammelgefäß *B.* °C.	Durchschnittliche Temperatur der Luft. °C.	Windrichtung.	Barometerstand. Par. Zoll.	Durchschnittlicher Dampfdruck. Atm.
1—2	12,0	11,1	Nord-West schwacher Wind	Vorm. 27,63 Nachm. 27,83	3,5
2—3	11,9	12,7	desgl.	Vorm. 27,96 Nachm. 28,02	3,5
3—4	11,6	10,2	Süd-Ost fast Windstille	Vorm. 28,0 Nachm. 28,97	3,45
4—5	11,9	12,1	Süd-West schwacher Wind	Vorm. 27,96 Nachm. 27,93	3,4
5—6	12,2	13,1	Süd-Ost fast Windstille	Vorm. 27,96 Nachm. 27,96	3,4
Durchschnittlich:	11,9	11,84	—	—	3,45

Verbrauchtes Wasserquantum war 640875 Kilo und verbrauchtes Kohlenquantum war 110300 Kilo. Menge der unverbrannten Rückstände (Schlacken, Asche und durch den Rost verlorene Kohlenteilchen betrug 16 541 Kilo, also zirka 15 % des verbrauchten Kohlenquantums. Darunter noch befindlich im Durchschnitt 5 % Kohlen.

Demnach wurden mit 1 Kilo Kohlen 5,81 Kilo Wasser von einer durchschnittlichen Temperatur von 11,9° C. verdampft.

Die Temperaturen der abziehenden Feuerungsgase im Fuchs variierten zwischen 180 und 280° C.; erreichten aber auch stellenweise 300° C. und darüber.

An der Untersuchung der Rauchgase hatte sich noch Herr Dr. Fischer in Hannover beteiligt, konnte aber leider nur kurze Zeit dabei gegenwärtig sein. Derselbe hatte indessen schon früher an derselben Stelle Rauch-Analysen vorgenommen und sind die Resultate einiger Analysen, welche mittelst des Orsat'schen Apparates gewonnen wurden in folgender Tabelle XIV zusammengestellt.

Tabelle XIV.

		Kohlensäure CO_2 %.	Sauerstoff O %.	Kohlenoxyd CO %.	Temperatur der abziehenden Gase °C.	
1.	**Kessel Nr. 8**	9,7	9,5	—	201	Diese Zusammensetzung d. Rauchgase blieb eine Zeit lang konstant.
2.	Nachdem das Feuer frisch beschickt war .	16,1	3,9	—	—	
		14,6	4,9	—	—	
		12,3	6,6	—	—	
		12,7	6,1	—	—	
		9,5	9,8	—	—	
3.	Nachdem das Mauerwerk überall genau nachgesehen und gedichtet war	18,5	1,2	—	—	
		19,2	0,7	—	—	
		19,0	0,6	—	—	
		15,7	3,9	—	—	
4.	**Kessel Nr. 7**	14,5	4,9	—	215 bis 225	Neu eingelegter Rost.

		Kohlensäure CO_2 %.	Sauerstoff O %.	Kohlenoxyd CO %.	Temperatur der abziehenden Gase. °C.	
5.	Nach Verlauf einer Stunde	6,2	13,4	—	—	
6.	**Kessel Nr. 11**	2,5	18,4	—	—	
7.	Nachdem das Mauerwerk gedichtet war	8,5	12,5	—	—	
8.	**Kessel Nr. 14** über dem Roste	0,1	0	3,8	—	
9.	Am hintern Ende des Kessels	3,8	16,8	—	—	Hinter der Feuerbrücke wird atmosphärische Luft zugeführt.
10.	Nachdem keine atmosphärische Luft mehr hinter die Feuerbrücke geführt wurde	7,4	13,1	—	—	
11.	**Kessel Nr. 21**	0,4	20,4	—	—	
12.	Nachdem das Mauerwerk gedichtet	1,5	19,2	—	—	
13.	**Kessel Nr. 21**	1,9	19,0	—	—	
14.	Nachdem sämtliche Öffnungen im Mauerwerk gedichtet waren	4,6	14,9	0,7	—	
		4,5	12,4	2,9	139	

Die an sich nicht gerade günstig zu nennenden Resultate der Verdampfung erscheinen indessen bei Berücksichtigung der nachstehend bezeichneten Umstände in entschieden besserem Lichte, weshalb aus diesem Resultat auf den Heizwert der qu. Kohle kein Schluß gezogen werden darf. Es ist an anderen Stellen mit dieser Kohle ein besserer Effekt erzielt, so daß z. B. die Kaiserliche Marine in Wilhelmshafen Versuche anstellte, bei welchen mit 1 Kilo Kohle 7,057 Kilo Wasser von Null Grad C. verdampft wurden. Es finden nun die ungünstigen Resultate im Folgenden ihre Erklärung:

1) Es kam eine minderwertige Sorte der fraglichen Kohle, meist aus Gruß bestehend, durch erdige Bestandteile verunreinigt und zuweilen in sehr nassem Zustande zur Verbrennung.

2) Die Feuerungsanlagen waren fast durchweg im reparaturbedürftigen Zustande, insbesondere hätten eigentlich die meisten Roststäbe gegen neue ausgewechselt werden müssen, da sie schon erheblich verbrannt waren und sich derart geworfen hatten, daß sie nicht allein krumm, sondern auch aus ihrer hochkantigen Lage in eine sehr geneigte gekommen waren, wodurch der Luftzutritt von unten wesentlich beeinträchtigt wurde. Es waren dies Roststäbe von nur 60 Millimeter Höhe bei der im Vorstehenden schon angegebenen Länge und Stärke. Einzelne Feuerungen waren schon mit höheren Roststäben (etwa 100 Millimeter) belegt, welche sich bei weitem besser bewährten, einmal weil sie nicht so leicht umkanten und dann auch eine erhebliche Abkühlung von unten erfahren.

3) Das Kesselmauerwerk war stellenweise reparaturbedürftig, sodaß durch offene Fugen die atmosphärische Luft in den Feuerungsraum, wie auch in die Feuerzüge treten konnte. Welchen Einfluß auf eine vorteilhaftere Verbrennung ein Mauerwerk mit dichten Fugen gegenüber dem im entgegengesetzten Falle haben kann, zeigen die vorstehenden angegebenen Resultate der Analysen.

4) Die Feuer lagen zu lange Zeit ohne gereinigt und abgeschlackt zu werden. Es war Gebrauch, jede Feuerung in der Zeit von 24 Stunden nur einmal zu reinigen. Meistens kommen zu gleicher Zeit immer nur einzelne Feuerungen zur Reinigung, [illegible] darf eine zu große

Dampfdruckverminderung stattgefunden hätte. Die Feuer waren schon nach 9—12 stündigem Betrieb derart verschlackt, daß von einer genügenden Luftzuführung durch den Rost nicht mehr die Rede sein konnte.

5) Die fraglichen 17 Dampfkessel waren für die Versuche so gewählt, wie sie gerade bei dem vorhandenen kontinuierlichen Betriebe vorlagen, besondere Zubereitungen hatten also nicht getroffen werden können; so kam es, daß bloß ein Kessel vor beginn der Versuche vollständig gereinigt war, während die übrigen 16 Kessel längere oder kürzere Zeit bereits im Betriebe waren, so daß also auch durch die Ablagerungen von Schlamm resp. Kesselstein sowie von Ruß und Asche an den Kesselwandungen und in den Zügen der Heizeffekt beeinträchtigt wurde.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß am zweiten Versuchstage, Nachmittags, der Kessel Nr. 6 infolge eines Defekts am Speiserohr kalt gelegt werden mußte. Dieser Umstand, wodurch die anderen im Betriebe befindlichen Kessel, diesem Ausfall entsprechend, mehr angestrengt wurden, trug jedenfalls auch zur Herabminderung des totalen Heizeffekts bei.

Es hatte sich leider nicht ermöglichen lassen, eine gewisse Anzahl Kessel des gleichen Systems bei einer gleichmäßigen Dampfentnahme an dieser Stelle, also für die große Wasserhaltungsmaschine, einzuschalten und mit diesen allein Versuche anzustellen, um auch einen Vergleich zwischen der Verdampfungsfähigkeit der verschiedenen Kesselsysteme zu bekommen, aber die Kessel des einen oder anderen Systems allein waren für den fraglichen Dampfverbrauch nicht ausreichend.

Verdampfungsversuche an einem Zylinderkessel mit zwei Unterkessel und Zwischenfeuerung, an einem Zylinderkessel mit zwei Unterkessel, Querkessel und rauchverzehrender Feuerung (Göhring's System), Figuren 48 und 49, und an einem Wasserröhrenkessel (System Steinmüller).*)

Bei dem ersten Kessel handelte es sich speziell um folgendes:

Der betreffende Kessel sollte mit einer Göhring'schen rauchverzehrenden Feuerung versehen werden, und um den Effektunterschied kennen zu lernen, wurde unter Aufsicht der Vereins-Ingenieure zuerst ein Verdampfungsversuch an dem Kessel mit der alten Feuerung vorgenommen.

Die Resultate waren folgende:

Der Kessel hatte einen Planrost von 0,96 Meter Breite und 1,6 Meter Länge. Gefeuert wurde mit Redenkohle Nr III. Die Temperatur des Speisewassers war durchschnittlich 27,8°. Die Temperatur im Kesselhause, welches nicht geschlossen ist, durchschnittlich 24,3° C. Die durchschnittliche Temperatur im Fuchs war 335,8° C. Der Kessel mußte durchweg forciert werden.

Die Heizfläche des Kessels betrug 50 Quadratmeter. Es wurden verbrannt innerhalb 5 Stunden 690 Kilo Kohlen.

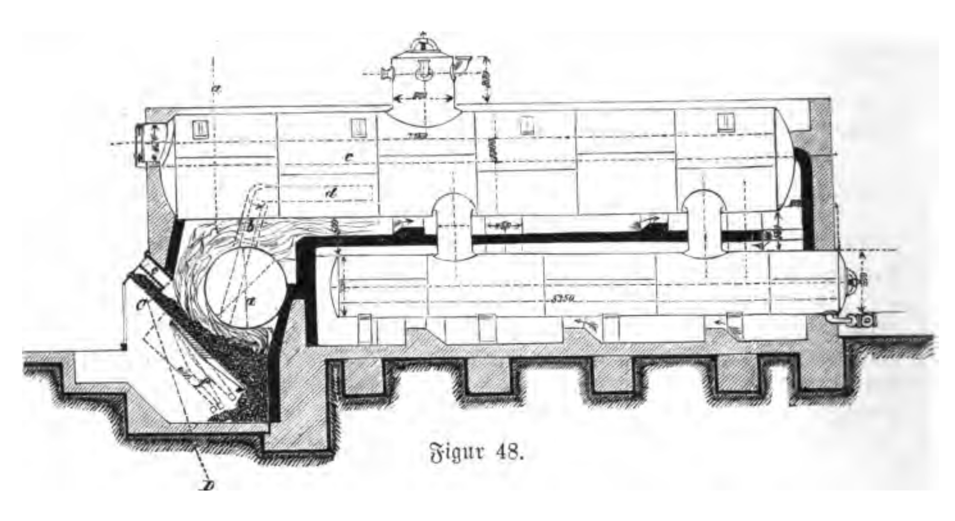
Wasser wurde verdampft 3753 Kilo, so daß 1 Kilo Kohlen 5,44 Kilo

---

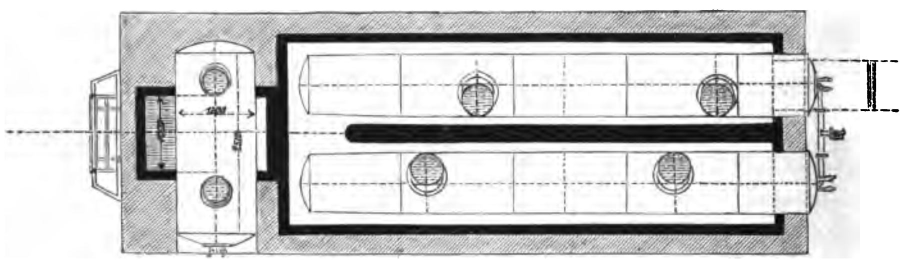
*) Achter Geschäftsbericht des pfälzischen Dampfkessel-Revisions-Vereines. 1879.

Wasser verdampfte. Die Schlackenrückstände betrugen 112 Kilo, so daß sich eine Nettoverdampfung von 6,49 Kilo Wasser mit 1 Kilo Kohle ergab.

Der betreffende Kessel wurde jetzt abgeändert, wie Figuren 48 und 49 zeigen.



Figur 48.



Figur 49.

Bei den nun vorgenommenen Versuchen ergaben sich folgende Resultate:

Es ist hier im Voraus zu bemerken, daß der Kessel um 3 Quadratmeter Heizfläche vergrößert wurde. Die Rostfläche betrug 1,62 Quadratmeter.

Das Brennmaterial war wieder Redenkohle Nr. III.

Die Temperatur des Speisewassers war durchschnittlich 32,7° C. und die Temperatur im Kesselhause 19,58° C. Es wurden verbrannt 637 Kilo Kohlen. Wasser wurde verdampft 4718 Kilo.

Ein Kilo Kohle verdampfte daher Brutto 7,4 Kilo Wasser. An Asche wurde abgewogen 81,5 Kilo. Es verdampfte daher 1 Kilo Kohle nach Abzug der Asche 8,19 Kilo Wasser.

Die Gase, welche mit einer Temperatur von 400° C. in den Fuchs kamen, waren noch nicht vollständig ausgenutzt und konnte daher, um die Anlage zweckentsprechend zu machen, die Heizfläche noch vergrößert oder der Rost noch verkleinert werden.

Es wurden nach Umbau der Anlage sofort bedeutende Kohlenersparnisse trotz der Mehrleistung konstatiert, was ja auch aus den erhaltenen Resultaten hervorgeht.

Nachdem der Kessel mit der rauchverzehrenden Feuerung längere Zeit im Betriebe war, wurde die Anlage einer inneren Revision unterworfen, wobei konstatiert wurde, daß sich alle Teile sehr gut erhalten hatten.

Die Anbringung der Querkessel hat den Zweck, ähnlich wie bei der Ten-Brink-Feuerung, die vom unteren Teil des Rostes heraufziehenden Gase, welche stark mit Luft gemengt sind, mit den am oberen Teil sich entwickelnden rauch- und rußhaltigen Gasen zu mischen und so eine rauchfreie Verbrennung zu erzielen, was auch der Fall ist.

Der Verdampfungsversuch an einem Wasserröhrenkessel, System Steinmüller, ergab folgende Resultate:

Die Heizfläche des Kessels betrug 45 Quadratmeter, die Rostfläche 1 Quadratmeter. Es wurde gefeuert mit Kohle von der Grube Itzenplitz, Qualität II. Die Temperatur des Speisewassers betrug durchschnittlich 26° C., die des Kesselhauses 31° C., die im Fuchs 321° C., die durchschnittliche Spannung im Kessel während des Versuches war $4^{1}/_{2}$ Atm.

Es wurden verbrannt innerhalb 9 Stunden 637,5 Kilo Kohlen. Wasser wurde verdampft 3750 Kilo, so daß 1 Kilo Kohle 5,88 Kilo Wasser verdampfte. Es ergaben sich Schlacken und Asche 97 Kilo.

Die Nettoverdampfung mit 1 Kilo Kohle betrug 6,93 Kilo Wasser.

Ökonomische Untersuchungen bei Feuerungsanlagen.*)

Bei den angestellten Versuchen fehlte einesteils noch ein genügend zuverlässiges Instrument zum Messen des in die Kessel gebrachten Wassers, anderenteils konnten zuverlässige Einrichtungen bei den größeren zusammenhängenden Kesselanlagen (15—18 Kessel) noch nicht vollständig getroffen werden.

Die in der Tabelle angegebenen Kohlenmengen sind vorher genau gewogen. Die Temperaturen der abziehenden Gase im Fuchs und im Schornstein wurden mit genauen Quecksilberthermometern gemessen. Die Zusammensetzung der Rauchgase wurde mit dem Orsat'schen Apparate festgestellt.

In der folgenden Tabelle XV sind die Resultate von 16 verschiedenen Beobachtungen aufgezeichnet.

*) „Bericht" über die im Jahre 1876 im Bezirk der königlichen Bergwerks-Direktion zu Saarbrücken vorgenommenen Dampfkessel-Revisionen.

Tabelle XV.

Laufende Nummer.	Name der Kesselanlage.	Anzahl der betriebenen Kessel.	Rostfläche, ganze (Quadrat-Meter)	Rostfläche, freie (Quadrat-Meter)	Heizfläche. (Qu.-M.)	Vorhandene Dampfspannung. (Atm.)	Kohlenverbrauch pro Stunde. (Kilogramm)	Kohlenverbrauch pro Stunde und Qu.-M. Rostfläche. (Kilogramm)	Wasserverbrauch pro Stunde. (Liter)	Temperatur des Speisewassers. (°C.)	Gas-Analyse. Kohlensäure.	Gas-Analyse. Sauerstoff.	Gas-Analyse. Kohlenoxyd.	Gas-Analyse. Stickstoff.	Gas-Analyse. Summa.	Temperatur im Kesselhause. (°Celsius)	Temperatur im Fuchs. (°Celsius)	Temperatur im Sockel des Schornsteins. (°Celsius)	Schornstein, Höhe. (Meter)	Schornstein, Kleinster Querschnitt. (Qu.-M.)	Querschn. d. Rauchschieberöffnung. (Qu.-M.)	Quotient der Luftausnutzung. P.	Quotient d. Wärmeausnutzung. Q.
1	Dechenschacht I und II	6	14,4	2,12	318	3,3	833	58	—	—	7	12,5	—	80,5	100	22	310	300			0,470	0,300	—
											4	16,0	—	80,0	100	"	"	"			"		
											5	15,6	—	79,4	100	"	270	250			0,178		
2	Desgleichen	6	14,4	2,12	318	3,5	833	58	—	—	6,5	14,5	—	79,0	100	23	310	300	23,85	2,545	0,273	0,300	—
											3,0	17,0	—	80,0	100	"	"	"			"		
											6,5	13,3	—	80,2	100	"	"	"			"		
3	Desgleichen	6	14,4	2,12	318	3,5	833	58	4778	70	6,2	13,8	—	80,0	100	23	270	250			0,108	0,332	0,453
											6,0	14,5	—	79,5	100	"	"	"			"		
4	Dechenschacht III	4	10,17	3,175	227	3,8	500	50	—	—	5,5	15,5	—	79,0	100	26	305	190			0,454	0,260	—
											5,0	15,0	—	80,0	100	"	275	180	19,92	1,575	"		
											4,0	16,0	—	80,0	100	"	"	"			"		
											3,5	16,5	—	80,0	100	"	"	"			"		
5	Heinitzschacht IV	4	12,48	3,95	218	2,8	772	62	6096	28	5,5	15,5	—	79,0	100	28	350	305			0,422	0,375	0,665
											8,0	11,5	—	80,5	100	"	"	"			"		
											7,5	12,5	—	80,0	100	"	"	"	19,92	1,575	"		
											8,0	13,0	—	79,0	100	"	"	"			"		
											8,0	11,5	—	80,5	100	"	"	"			0,288		
											5,5	14,2	—	80,7	100	"	"	"			"		
6	Eisenbahnschächte in Altenwald	5	12,5	4,95	272	3,2	556	44,5	—	—	9,0	10,7	—	80,3	100	24	380	320			0,161	0,554	—
											8,5	11,5	—	80,0	100	"	350	296			0,102		
											10,2	9,2	—	80,6	100	"	"	298			"		
											11,7	6,3	0,5	81,5	100	"	"	"	24,3	1,13	"		
											10,5	8,5	—	81,0	100	"	"	315			"		
											12,0	7,0	—	81,0	100	"	380	350			"		
7	Desgleichen	2	5	1,98	108,8	2,5	226	44,5	—	—	5,7	14,9	—	79,4	100	22	350	270			0,102	0,433	—
											9,5	10,5	—	80,0	100	"	"	290			"		
											8,6	11,4	—	80,0	100	"	"	"	18,69	0,886	"		
											11,0	8,5	0,5	80,0	100	"	"	"			"		
											11,8	6,5	1,5	80,2	100	"	"	"			"		

8	Desgleichen	5	12,5	4,95	272	3	556	44,5	—	—	11,7	8,7	0,6	79,0	100	25	380	350			0,102	0,584	—
											12,1	7,2	0,8	79,9	100	〃	350	250			0,062		
											12,3	6,4	—	81,3	100	〃	〃	270			〃		
											10,0	8,7	—	81,3	100	〃	〃	290			〃		
											10,2	8,8	—	81,0	100	〃	〃	280	24,3	1,13	〃		
											8,4	11,6	—	80,0	100	〃	〃	〃			〃		
											8,8	11,2	—	80,0	100	〃	〃	〃			〃		
											12,7	6,9	0,9	80,5	100	〃	〃	〃			〃		
											11,8	7,4	0,5	80,3	100	〃	380	360			〃		
9	Desgleichen	5	12,5	4,95	272	2,7	562,5	45	—	—	10,7	8,3	1,3	79,7	100	22	350	300			0,099	—	—
											12,7	5,9	1,0	80,4	100	〃	〃	〃			〃		
											6,5	13,8	—	79,7	100	〃	〃	〃	18,69	1,13	〃		
											13,6	5,4	1,0	80,0	100	〃	〃	〃			〃		
											13,0	4,7	2,3	80,0	100	〃	〃	〃			〃		
											12,6	5,4	2,0	80,0	100	〃	〃	〃			〃		
10	Desgleichen	2	5	1,98	108,8	2,7	223	44,5	—	—	4,5	16,0	—	79,5	100	23	350	310					
											9,0	10,5	0,5	80,0	100	〃	〃	〃	32,94	0,886	0,161		
											7,8	11,0	1,2	80,0	100	〃	〃	〃					
11	Gegenort-schacht in Dudweiler	4	10,4	3,96	234	3,5	500	48	—	—	4,0	16,0	—	80,0	100	13	300	220			0,087	0,225	—
											3,4	16,6	—	80,0	100	〃	〃	〃	32,94	0,89	〃		
											4,0	16,0	—	80,0	100	〃	〃	〃			〃		
											8,3	10,8	—	81,0	100	〃	〃	〃			〃		
12	Desgleichen	3	7,8	2,97	170,4	3,7	500	64	—	—	8,2	9,6	1,7	80,5	100	17	300	190					
											8,0	10,4	1,4	80,6	100	〃	〃	〃	32,94	0,39	0,087	—	—
											7,5	10,6	1,1	80,8	100	〃	〃	〃					
13	Desgleichen	4	10,4	3,96	227,2	3,8	500	48	—	—	11,0	9,0	—	80,0	100	17	320	195			0,087	0,550	—
											10,4	9,0	—	80,6	100	〃	315	〃			〃		
											11,0	8,5	—	80,5	100	〃	350	200	32,94	0,39	〃		
											14,0	4,5	0,5	81,0	100	〃	〃	〃			〃		
											8,2	12,3	—	79,5	100	〃	〃	〃			〃		
14	Desgleichen	1	2,6	0,99	56,8	3,5	62,5	24	—	—	7,3	13,0	—	79,7	100	8	260	190			0,087	0,360	—
											4,7	16,3	—	79,0	100	〃	270	〃	32,94	0,39	〃	〃	
											8,0	13,0	—	79,0	100	〃	〃	〃			〃	〃	
											6,0	15,0	—	79,0	100	〃	〃	〃			〃	〃	
15	Desgleichen	1	2,6	0,99	56,8	3,5	62,5	24	—	—	12,0	8,4	—	79,6	100	8	225	190			0,087	0,488	
											9,2	11,8	—	79,0	100	〃	280	200			〃		
											9,0	11,0	—	80,0	100	〃	230	190	32,94	0,39	〃		
											7,4	12,8	—	79,8	100	〃	275	200			〃		
											8,0	12,0	—	80,0	100	〃	250	〃			〃		
16	Scalley-schächte in Dudweiler	8	20,8	7,92	462,4	3,5	1969	75,7	—	—	5,5	14,2	—	80,3	100	11	350	300			0,087	0,348	
											6,0	14,2	—	80,3	100	〃	〃	310	40,8	2,40	〃	〃	
											7,5	12,5	—	80,0	100	〃	〃	〃			〃	〃	
											5,5	14,2	—	80,3	100	〃	〃	〃			〃	〃	

Nach den Prinzipien von Dr. Schondorff sind die beiden Beispiele Nr. 3 und 5 sowie der Quotient der Luftausnutzung bei den übrigen Versuchen der obigen Tabelle berechnet.

Die Resultate sind kurz zusammengestellt folgende:

Tabelle XVI.

Laufende Nr.	Quotient der Luft-ausnutzung. P	Quotient der Wärme-ausnutzung. Q	Wärmeverlust. u	Wärmeverlust. v
1	0,300	—	—	—
2	0,300	—	—	—
3	0,332	0,453	1887014	1455626
4	0,260	—	—	—
5	0,375	0,665	1634857	260521
6	0,554	—	—	—
7	0,433	—	—	—
8	0,584	—	—	—
9	—	—	—	—
10	—	—	—	—
11	0,225	—	—	—
12	—	—	—	—
13	0,550	—	—	—
14	0,360	—	—	—
15	0,488	—	—	—
16	0,348	—	—	—

Aus den Resultaten der Versuche ist zu ersehen, daß bei allen Dampfkesselanlagen in dem aus dem Schornstein entweichenden Gasgemenge die atmosphärische Luft in Überschuß vorhanden ist. Am günstigsten stellt sich der Quotient der Luftausnutzung bei den Kesseln Nr. 6, 8 und 13.

Es wurde nun gefunden, daß die meisten Rauchschieber nicht in ihren Rahmen schließen, und an diesen Stellen, sowie bei größeren Kesselanlagen durch die kaltgelegten Kessel, viel atmosphärische Luft in die Züge einzieht. So z. B. wurden bei Nr. 11 diese Öffnungen an den Rauchschiebern und ein kaltgelegter Kessel mit Putzwolle verstopft, und es stellte sich nach genommener Rauchgasanalyse heraus, daß der Quotient der Luftausnutzung P von 0,225 auf 0,470 stieg.

Aber auch der Querschnitt der Rauchschieberöffnung ist meistenteils zu groß, und dürfte es daher ratsam sein, den Schieber mit einer solchen Vorrichtung zu versehen, daß er nur bis auf eine bestimmte Höhe, die durch Versuche festzustellen ist, von dem Heizer gezogen werden kann.

Bei den Versuchen Nr. 9 und 10 wurde mit Absicht einmal so geschürt, wie es die Heizer lieben, d. h. aufgeworfen, die Feuerrohre gleich hintereinander beschickt, was zur Folge hatte, daß die Analyse nunmehr Kohlenoxyd im Gasgemenge zeigte.

Bei Nr. 12 ergab sich, daß die Kessel sehr forciert werden mußten, um überhaupt den nötigen Dampf liefern zu können. Das Gasgemenge enthielt hier ebenfalls Kohlenoxyd. Es wurde am nächsten Tage der Versuch Nr. 13 mit 4 Kesseln gemacht, und es fand sich, daß bei genau derselben Leistung ebenfalls, und nur 500 Kilo Kohlen verbrannt wurden, dabei aber immer

hinreichend Dampf vorhanden war, und doch das Gasgemenge kein Kohlenoxyd enthielt.

Von den 6 110 055 Kalorien (Versuch Nr. 3) wirklich erzeugter Wärme sind nur 2 767 418 Kalorien zur Erzeugung von Wasserdampf ausgenutzt, während 1 887 014 Kalorien mit den Rauchgasen durch den Schornstein entwichen und 1 455 626 Kalorien durch Ausstrahlung u. s. w. verloren gingen.

Bei Versuch Nr. 5 stellt sich die Sache etwas günstiger. Es wurden dort von den 5 662 620 Kalorien wirklich erzeugter Wärme 3 768 242 Kalorien zur Erzeugung von Wasserdampf ausgenutzt, während 1 634 857 Kalorien mit den Rauchgasen durch den Schornstein entwichen und nur 260 521 Kalorien durch Ausstrahlung u. s. w. verloren gingen.

Die große durch die Rauchgase entführte Wärmemenge muß möglichst vermindert werden. Dies erfordert aber einesteils, daß die entweichenden Rauchgase eine niedrigere Temperatur besitzen müssen, anderenteils daß sie nur in möglichst geringer Menge entweichen, also eine möglichst geringe Beimischung von atmosphärischer Luft besitzen dürfen.

Theoretisch sollte man annehmen, daß die abziehenden Gase nicht mehr als die Temperatur des im Kessel befindlichen Wassers besitzen sollten. In der Praxis läßt sich dies aber nicht erreichen, und man pflegt in der Regel anzunehmen, daß sie mit 250 bis 300° ausströmen sollen.

Die Besorgnis, daß bei Verminderung der Temperatur der Rauchgase ein ungenügender Zug entsteht, kann nicht maßgebend sein, da die Versuche zeigen, daß bei den vorhandenen Temperaturen die Schieber immer noch zu weit geöffnet waren, und noch zu viel atmosphärische Luft zuströmte; man würde auch, wenn dies nicht der Fall wäre, vorteilhaftere Abhülfe schaffen können, z. B. durch Erhöhung des Schornsteins, anstatt die große Menge unbenutzter Wärme durch den Schornstein zu jagen.

Aus den Versuchen dürfte hervorgehen, daß nach dem eingeschlagenen Verfahren die wichtigsten Fragen betreffs der Ökonomie bei Kesselfeuerungen zu beantworten sind. Es wurden daher diese Versuche im folgenden Jahr (1877), sowie auch in dem darauf folgenden Jahr (1878) weiter fortgesetzt, und zwar:

1. Versuche mit offenem Mannloch auf den Camphausenschächten der Königlichen Steinkohlengruben Dudweiler-Jägersfreude.

Es wurden 4 verschiedene Versuche an zwei Zweiflammrohrkesseln von 2,000 Meter Durchmesser, 7,000 Meter Länge, mit 2 Feuerrohren von je 700 Millimeter Durchmesser.

Die Führung der Feuergase geschieht hier derart, daß dieselben von Rosten durch die Rohre, dann an der einen Seite des Kessels nach vorn, und endlich an dessen anderer Seite zurück und in den Fuchs ziehen.

Bei Versuch I (Tabelle XXVII) waren die Kessel frisch angeheizt, das Mauerwerk war kalt. Kessel und Züge waren gründlich gereinigt. Versuch II wurde am folgenden Tage vorgenommen, während Versuch III und IV nach vierwöchentlicher Betriebszeit gemacht wurden.

Die Messung des Speisewassers geschah in der Weise, daß über jedem Mannloch ein genau durch Rechnung und Wägung abgemessener Blechkasten

(100 Liter enthaltend) stand, in welchen das Wasser gepumpt und von dort je in den dazu gehörigen Kessel gelassen wurde.

Die Kohlen wurden auf einer genauen Brückenwage jedem Kessel zugewogen.

Beide Kessel lieferten genau dasselbe Resultat, und sind daher in der Tabelle nur die Resultate eines Kessels aufgeführt.

Die Gasanalysen wurden mit Hülfe des Orsat'schen Apparates dicht hinter dem Rauchschieber, und gleichzeitig die Temperaturen an dieser Stelle mit Quecksilberthermometern gemessen.

Die Berechnungen sind nach der Ausarbeitung des Dr. Schondorff „über Prinzipien der Prüfung von Dampfkesselfeuerungs-Anlagen" ausgeführt.

Es wurden bei jedem Versuche verschiedene Analysen der Rauchgase während des Beschüttens und nach dem Beschütten der Roste gemacht, die folgenden Resultate ergaben:

I. Versuch. Tabelle XVII.

Während des Beschüttens.	Temperatur im Fuchs	Nach dem Beschütten.	Temperatur im Fuchs.
1) $\alpha = 6\%$		1) $\alpha = 10\%$	
$\beta = 14$ „	240° C.	$\beta = 9{,}5$ „	255° C.
$\gamma = 80$ „		$\gamma = 80{,}5$ „	
2) $\alpha = 4{,}5\%$		2) $\alpha = 8{,}5$ „	
$\beta = 15{,}5$ „	240° C.	$\beta = 11{,}5$ „	200° C.
$\gamma = 80$ „		$\gamma = 80$ „	
3) $\alpha = 7$ „		3) $\alpha = 8{,}5$ „	
$\beta = 12{,}5$ „	250° C.	$\beta = 11$ „	255° C.
$\gamma = 80{,}5$ „		$\gamma = 80{,}5$ „	
4) $\alpha = 5$ „		4) $\alpha = 9{,}2$ „	
$\beta = 15$ „	250° C.	$\beta = 9{,}3$ „	250° C.
$\gamma = 80$ „		$\gamma = 81{,}5$ „	
5) $\alpha = 6$ „		5) $\alpha = 10$ „	
$\beta = 14$ „	250° C.	$\beta = 9{,}5$ „	260° C.
$\gamma = 80$ „		$\gamma = 80{,}5$ „	
Nimmt man hiervon die Mittel so erhält man:			
$\alpha = 5{,}7\%$		$\alpha = 9{,}2\%$	
$\beta = 16{,}2$ „	245° C.	$\beta = 10{,}2$ „	256° C.
$\gamma = 80{,}1$ „		$\gamma = 80{,}6$ „	

Da das Beschütten der Roste 10 Sekunden dauerte und die Operation alle 10 Minuten wiederholt wurde, so muß, um die den weiteren Berechnungen zu Grunde zu legende Analyse zu erhalten, $^1/_{60}$ von der Analyse während des Beschüttens und $^{59}/_{60}$ von der Analyse nach dem Beschütten genommen werden, also z. B.

$$\frac{5{,}7 \cdot 1 + 9{,}2 \cdot 59}{60} \text{ u. s. w.}$$

und man erhält dann

$$\alpha' = 9{,}1$$
$$\beta' = 10{,}3$$
$$\gamma' = 80{,}6.$$

Für diese Werte berechnet sich der Korrektionskoeffizent aus der Formel:

$$\varkappa = 1{,}151\,\alpha' + \beta' - 0{,}266\,\gamma'$$
$$\varkappa = -0{,}67.$$

Die korrigierten Werte ergaben sich aus der Formel:

$$a = \alpha' - 0{,}290 \cdot \varkappa$$
$$b = \beta' - 0{,}333 \cdot \varkappa$$
$$c = \gamma' + 1{,}253 \cdot \varkappa,$$

und diese sind dann

$$a = 9{,}3$$
$$b = 10{,}5$$
$$c = 79{,}8.$$

Der Wert des Koeffizienten der Luftausnutzung ist

$$P = 1 - 3{,}762 \cdot \frac{b}{c}$$
$$P = 0{,}495.$$

Für die spätere Berechnung des Wärmeverlustes u ergeben sich noch aus den obigen Zahlen die Werte:

$$\frac{b}{a} = 1{,}12$$
$$\frac{c}{a} = 8{,}581.$$

Ferner ergiebt sich die pro Stunde erzeugte Wärmemenge:

$$W = 7335 \cdot K$$
$$= 7335 \cdot 91{,}66$$
$$= 672\,326 \text{ Kalorien}$$

und die pro Stunde ausgenutzte Wärmemenge:

$$w = H\,(606{,}5 + 0{,}305 \cdot T - \vartheta)$$
$$= 600\,(606{,}5 + 0{,}305 \cdot 100^0 - 10^0)$$
$$= 376\,200 \text{ Kalorien.}$$

Also ist der Quotient der Wärmeausnutzung:

$$Q = \frac{H}{7335 \cdot K}\,(606{,}5 + 0{,}305 \cdot T - \vartheta)$$
$$Q = 0{,}559.$$

Die mittlere Temperatur im Fuchse ergiebt sich:

$$t = \frac{245 \cdot 1 + 256 \cdot 59}{60} = 255^0\ C.$$

Also die Wärmeverluste pro Stunde:

$$u = \left\{(0{,}559 + 0{,}437\,\frac{b}{a} + 0{,}430\,\frac{c}{a} + 0{,}513)\,(t - \tau) + 263{,}176\right\} K,$$
$$u = 121\,651 \text{ Kalorien.}$$
$$v = W - w - u$$
$$v = 154\,475 \text{ Kalorien.}$$

II. Versuch. Tabelle XVIII.

Während des Beschüttens.	Temperatur im Fuchs.	Nach dem Beschütten.	Temperatur im Fuchs.
1) $\alpha = 6$ % $\beta = 14$ " $\gamma = 80$ "	210° C.	1) $\alpha = 13$ % $\beta = 5{,}5$ " $\gamma = 81{,}5$ "	256° C.
2) $\alpha = 5$ " $\beta = 14{,}3$ " $\gamma = 80{,}7$ "	240° C.	2) $\alpha = 11{,}2$ " $\beta = 7{,}8$ " $\gamma = 81$ "	260° C.
3) $\alpha = 6{,}2$ " $\beta = 14{,}3$ " $\gamma = 79{,}5$ "	250° C.	3) $\alpha = 11$ " $\beta = 8{,}5$ " $\gamma = 80{,}5$ "	256° C.
4) $\alpha = 6$ " $\beta = 14$ " $\gamma = 80$ "	240° C.	4) $\alpha = 11{,}2$ " $\beta = 8{,}3$ " $\gamma = 80{,}5$ "	250° C.
5) $\alpha = 6{,}5$ " $\beta = 14$ " $\gamma = 79{,}5$ "	250° C.	5) $\alpha = 11$ " $\beta = 8{,}2$ " $\gamma = 80{,}8$ "	254° C.
6) $\alpha = 7$ " $\beta = 13$ " $\gamma = 80$ "	250° C.	6) $\alpha = 11$ " $\beta = 8$ " $\gamma = 81$ "	260° C.
Hieraus das Mittel:			
$\alpha = 6{,}1$ % $\beta = 14{,}0$ " $\gamma = 79{,}9$ "	245° C.	$\alpha = 11{,}4$ % $\beta = 7{,}8$ " $\gamma = 80{,}8$ "	256° C.

Es ergiebt sich darnach die der Berechnung zu Grunde zu legende Analyse, wenn wie beim I. Versuch verfahren wird:

$$\alpha' = 11{,}3$$
$$\beta' = 7{,}9$$
$$\gamma' = 80{,}8.$$

Der Korrektionskoeffizient:

$$\varkappa = -0{,}6.$$

Die korrigierten Werte:

$$a = 11{,}6$$
$$b = 8{,}0$$
$$c = 80{,}0.$$

Die übrigen Resultate sind in der Tabelle aufgezeichnet.

III. Versuch. Tabelle XIX.

Während des Beschüttens.	Temperatur im Fuchs.	Nach dem Beschütten.	Temperatur im Fuchs.
1) $\alpha = 5{,}5$ % $\beta = 14{,}5$ " $\gamma = 80$ "	270° C.	1) $\alpha = 9$ % $\beta = 11$ " $\gamma = 80$ "	285° C.
2) $\alpha = 6{,}5$ " $\beta = 14$ " $\gamma = 79{,}5$ "	275° C.	2) $\alpha = 10$ " $\beta = 9$ " $\gamma = 81$ "	280° C.

Während des Beschüttens.	Temperatur im Fuchse.	Nach dem Beschütten.	Temperatur im Fuchse.
3) $\alpha =$ 6,4 % $\beta =$ 14,3 „ $\gamma =$ 79,5 „	268° C.	3) $\alpha =$ 9,5 % $\beta =$ 10,5 „ $\gamma =$ 80 „	290° C.
4) $\alpha =$ 6,2 „ $\beta =$ 14,3 „ $\gamma =$ 79,5 „	267° C.	4) $\alpha =$ 10,5 „ $\beta =$ 8,7 „ $\gamma =$ 80,8 „	285° C.
5) $\alpha =$ 7 „ $\beta =$ 13 „ $\gamma =$ 80 „	285° C.	5) $\alpha =$ 8,8 „ $\beta =$ 11 „ $\gamma =$ 80,2 „	295° C.
6) $\alpha =$ 6,6 „ $\beta =$ 13,9 „ $\gamma =$ 79,5 „	285° C.	6) $\alpha =$ 9 „ $\beta =$ 11 „ $\gamma =$ 80 „	275° C.
Hieraus das Mittel:			
$\alpha =$ 6,4 % $\beta =$ 14,0 „ $\gamma =$ 79,6 „	275° C.	$\alpha =$ 9,5 % $\beta =$ 10,2 „ $\gamma =$ 80,3 „	285° C.

Danach die Haupt-Analyse:

$$\alpha' = 9,4$$
$$\beta' = 10,3$$
$$\gamma' = 80,3$$
$$\varkappa' = -0,24.$$

Die korrigierten Werte:

$$a = 9,5$$
$$b = 10,4$$
$$c = 80,0.$$

Die übrigen Werte sind aus der Tabelle zu ersehen.

IV. Versuch. Tabelle XX.

Während des Beschüttens.	Temperatur im Fuchse.	Nach dem Beschütten.	Temperatur im Fuchse.
1) $\alpha =$ 7 % $\beta =$ 13,5 „ $\gamma =$ 79,5 „	300° C.	1) $\alpha =$ 10 % $\beta =$ 10 „ $\gamma =$ 80 „	304° C.
2) $\alpha =$ 7 „ $\beta =$ 13,5 „ $\gamma =$ 79,5 „	300° C.	2) $\alpha =$ 12 „ $\beta =$ 7 „ $\gamma =$ 81 „	314° C.
3) $\alpha =$ 10,5 „ $\beta =$ 9,5 „ $\gamma =$ 80 „	310° C.	3) $\alpha =$ 12 „ $\beta =$ 8 „ $\gamma =$ 80 „	316° C.
4) $\alpha =$ 8,4 „ $\beta =$ 12 „ $\gamma =$ 79,6 „	300° C.	4) $\alpha =$ 13 „ $\beta =$ 6 „ $\gamma =$ 81 „	320° C.
5) $\alpha =$ 7,7 „ $\beta =$ 13 „ $\gamma =$ 79,3 „	310° C.	5) $\alpha =$ 12,4 % $\beta =$ 7,1 „ $\gamma =$ 80,5 „	326° C.
6) $\alpha =$ 6,5 „ $\beta =$ 14,5 „ $\gamma =$ 79 „	310° C.	6) $\alpha =$ 11 „ $\beta =$ 8,4 „ $\gamma =$ 80,6 „	316° C.

Hieraus die Mittel:

Während des Beschüttens.	Temperatur im Fuchse.	Nach dem Beschütten.	Temperatur im Fuchse.
$\alpha = 7{,}9\,\%$ $\beta = 12{,}6$ „ $\gamma = 79{,}5$ „	305° C.	$\alpha = 11{,}7\,\%$ $\beta = 7{,}7$ „ $\gamma = 80{,}6$ „	316° C.

Hiernach die Haupt-Analyse:

$$\alpha' = 11{,}6$$
$$\beta' = 7{,}8$$
$$\gamma' = 80{,}6$$
$$\varkappa' = -\,0{,}35.$$

Die korrigierten Werte:

$$a = 11{,}7$$
$$b = 7{,}9$$
$$c = 80{,}2.$$

Die übrigen Resultate sind ebenfalls aus der hier folgenden Tabelle zu ersehen.

Tabelle XXI.

Resultate der Verdampfungsversuche mit offenem Mannloch auf den Camphausenschächten der Königl. Steinkohlengrube Dudweiler-Jägersfreude.

	I. Versuch.	II. Versuch.	III. Versuch.	IV. Versuch.
Das Verdampfen dauerte	6 Stunden	6 Stunden	6 Stunden	6 Stunden
Und erforderte zu	3600 Liter	5800 Liter	5200 Liter	5850 Liter
rohe Kohle	620 Kilo	700 Kilo	650 Kilo	725 Kilo
reine Kohle	550 Kilo	610 Kilo	579 Kilo	645 Kilo
Also verdampfte 1 Kilo rohe Kohle	5,8 Kilo Wasser	8,28 Kilo Wasser	8 Kilo Wasser	8 Kilo Wasser
1 Kilo reine Kohle (Schlacken und Asche abgezogen)	6,54 Kilo Wasser	9,51 Kilo Wasser	8,98 Kilo Wasser	9 Kilo Wasser
Heizfläche des Kessels	52 Qu.-Meter	52 Qu.-Meter	52 Qu.-Meter	52 Qu.-Meter
Also verdampfte pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde	11,5 Kilo Wasser	18,59 Kilo Wasser	16,66 Kilo Wasser	18,75 Kilo Wasser
Ganze Rostfläche	2,2 Qu.-Meter	2,2 Qu.-Meter	2,2 Qu.-Meter	2,2 Qu.-Meter
Verbrennung pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde:				
rohe Kohle	47 Kilo	53 Kilo	49,24 Kilo	55 Kilo
reine Kohle	41,6 Kilo	46,2 Kilo	43,68 Kilo	49 Kilo
Querschnitt der Schieberöffnung (0,63 Met. breit, 0,16 Met. hoch gezogen)	0,1008 Qu.-Meter	0,1008 Qu.-Meter	0,1008 Qu.-Meter	0,1008 Qu.-Meter
Querschnitt des Schornsteins (für 9 Kessel) bei 35 Meter Höhe	3,14 Qu.-Meter	3,14 Qu.-Meter	3,14 Qu.-Meter	3,14 Qu.-Meter
Freie Rostfläche	0,68 Qu.-Meter	0,68 Qu.-Meter	0,68 Qu.-Meter	0,68 Qu.-Meter
Wasserverbrauch pro Stunde . . . H =	600 Liter	966,66 Liter	866,66 Liter	975 Liter
Kohlenverbrauch pro Stunde . . . K =	91,66 Kilo	101,66 Kilo.	96,5 Kilo	109 Kilo
Temperatur des Dampfes . . . T =	100° C.	100° C.	100° C.	100° C.
„ im Fuchs . . . t =	255° C.	255° C.	285° C.	316° C.
„ im Kesselhaus . . . τ =	12° C.	14° C.	14° C.	15° C.
„ des Speisewassers . . . ϑ =	10° C.	10° C.	10° C.	10° C.
Quotient der Luftausnutzung . . . P =	0,495	0,624	0,511	0,629
Erzeugte Wärmemenge pro Stunde . . . W =	672 326 Kalorien	745 684 Kalorien	707 828 Kalorien	799 515 Kalorien
Ausgenutzte Wärmemenge pro Stunde . . . w =	376 200 Kalorien	606 107 Kalorien	543 402 Kalorien	611 325 Kalorien
Der Quotient der Wärmeausnutzung . . . Q =	0,559	0,624	0,768	0,765
Wärmeverlust bei den abziehenden Verbrennungsgasen pro Stunde . . . u =	141 681 Kalorien	133 501 Kalorien	160 624 Kalorien	170 258 Kalorien
Wärmeverlust durch Ausstrahlung des Ofens . . . v =	154 478 Kalorien	6076 Kalorien	3802 Kalorien	17 932 Kalorien.

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Verbrennung eine gute war, und stimmen die Resultate mit denen anderer Experimentatoren überein. Im Übrigen wird noch auf die hier folgende Nachschrift zu den „Prinzipien der Prüfung von Dampfkesselfeuerungs-Anlagen" des Herrn Dr. A. Schondorff verwiesen.

Nachschrift zu den Prinzipien der Prüfung Dampfkesselfeuerungs-Anlagen.

Von Dr. A. Schondorff.

Wenn auch diese Prinzipien der technischen Wertbestimmung von Dampfkessel-Anlagen sich nur auf theoretische Betrachtungen gründen, so darf man doch behaupten, daß sie sich bei den im verflossenen Jahre (1876) in größerer Zahl an den Kesselanlagen im Bezirk der Königlichen Bergwerks-Direktion zu Saarbrücken durch Herrn Kesselrevisor Pinno mit möglichster Sorgfalt vorgenommenen Untersuchungen als stichhaltig bewährt haben, und daß die Untersuchungsresultate, trotz der Unvollkommenheit der zu gebote stehenden Hülfsmittel, eine für technische Zwecke völlig ausreichende Genauigkeit besitzen.

Nur möchte zu erwähnen sein, daß von den beiden Teilen des Wärmeverlustes (u und v) der zweite (v) nicht die Konstanz zeigt, welche theoretisch von ihm zu erwarten war. Einesteils wird dieser Umstand seine Erklärung in der Ungenauigkeit zu suchen haben, welche gerade dieser Wert v besitzen muß, weil er nicht direkt sondern aus der Differenz bestimmt wird, also alle Untersuchungsfehler summiert in sich enthalten muß. Anderenteils ist der Wert v aber auch sehr häufig nicht nur der Wärme-Leitung und -Ausstrahlung des Ofens zuzuschreiben, sondern hat in sich die Wirkung verschiedener anderer, bekannter oder unbekannter, wärmezehrender Ursachen aufzunehmen, welche bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden konnten.

Betrachten wir beispielsweise die vier in der Tabelle verzeichneten Versuche, welche alle vier an der nämlichen Kesselanlage (auf den Camphausenschächten der Königlichen Steinkohlen-Gruben Dudweiler) vorgenommen wurde.

Aus den Untersuchungsresultaten ergiebt die Rechnung für den zweiten Teil des Wärmeverlustes:

beim I. Versuch	v = 154 475 Kalorien	= 23,0 %		
beim II. Versuch	v = 6037 „	= 0,8 %	der erzeugten Wärmemenge.	
beim III. Versuch	v = 3802 „	= 0,5 %		
beim IV. Versuch	v = 17 932 „	= 2,2 %		

Die geringe Verschiedenheit zwischen den Werten der drei letzten Versuche dürfen wir wohl unbeanstandet der Unvollkommenheit der Untersuchungsmittel zur Last legen, welche gar leicht eine Fehlersumme von einigen Prozenten der erzeugten Wärmemenge bewirken kann. Schlimm würde es aber sein, wenn diese Fehlersumme eine Höhe erreichen könnte, wie sie zur Ausgleichung der großen Differenz zwischen den Werten des ersten und der folgenden Versuche erforderlich wäre. Glücklicherweise sind wir zu einer solchen Annahme, wenigstens durch die vorliegenden Versuchsresultate, durchaus nicht genötigt; denn der verhältnismäßig hohe Wert, welchen v beim I. Versuch besitzt, erklärt sich zur Genüge aus dem Umstande, daß die Kessel für den Versuch zum ersten Male angeheizt wurden, also eine bedeutende Wärmemenge zur Erwärmung und Austrocknung des Ofenmauerwerks verwendet werden mußte.

Nehmen wir nämlich für das Mauerwerk, welches einen Rauminhalt von

zirka 30 Kubikmeter besitzt, das mittlere spezifische Gewicht = 1,8 und die mittlere spezifische Wärme = 0,2 an, so ergiebt sich, daß die Erwärmung desselben um 1° C. eine Wärmemenge von

$$30\,000 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}2 = 10\,800 \text{ Kalorien}$$

erfordert. Da nun pro Stunde zirka 150 000 Kalorien, also in den 6 Stunden des Versuches zirka 900 000 Kalorien zuviel verloren gingen, so müßte, falls dieser Wärmeverlust gänzlich der Erwärmung des Mauerwerks zugeschrieben werden sollte, dieses letztere während des Versuches im Durchschnitt um zirka 84° C. erwärmt worden sein. Eine ganz so starke durchschnittliche Erwärmung wird nun vielleicht wohl während des Versuches nicht stattgefunden haben, und zwar um so weniger, weil das Anheizen schon einige Zeit vor dem Versuche begonnen hatte. Dagegen muß aber das sicher nicht völlig trockene Mauerwerk zur Verdunstung seines Wassers eine auch nicht unbedeutende Wärmemenge verlangt haben, und endlich ist noch zu beachten, daß die durch das kältere Mauerwerk bewirkte, stärkere Abkühlung der Flamme eine vermehrte Rußbildung bewirkt haben kann, also auch die theoretisch berechnete Wärmemenge um etwas höher sich stellen dürfte, als sie in Wirklichkeit war. Jedenfalls sieht man aus den obigen Betrachtungen, daß der größere Wärmeverlust beim I. Versuche sich genügend aus dem ersten Anheizen erklären läßt.

2. Versuche über den Verbrauch von Steinkohlen und Dampf der Ventilatoranlage in der Lochwies der Königlichen Steinkohlengrube Sulzbach-Altenwald.

Die Kesselanlage besteht aus 3 Cornwallkesseln von je 2 Meter Durchmesser, 7 Meter Länge und 2 Feuerrohren von je 700 Millimeter Durchmesser. Dieselben sind zu 6½ Atm. Überdruck konzessioniert. Es sind stets nur 2 Kessel im Betrieb, während der dritte als Reserve dient. Die Heizgase ziehen durch die Feuerrohre nach hinten, dann vereinigt an der einen Seite des Kessels nach vorn und endlich an dessen anderer Seite zurück in den Fuchs.

Die Dampfmaschine hat die Bestimmung, einen Guiberl'schen Ventilator von 10 Meter Durchmesser und 3 Meter Breite zu betreiben. Sie ist eine einzylindrige, liegende Maschine von 65 Zentimeter Durchmesser und 1 Meter Hub und mit Meyer'scher Expansionsteuerung versehen.

Am 1. und 12. November 1877 von Morgens 8 Uhr bis Mittag 2 Uhr wurden 2 Versuche angestellt, wobei folgendermaßen verfahren wurde.

Die zur Verbrennung kommenden Kohlen wurden auf einer genauen Brückenwage zugewogen. Die Messung des Speisewassers geschah in der Weise, daß das dazu bestimmte Wasser in ein genau durch Rechnung und Wägung abgemessenes Gefäß (100 Liter Inhalt) und dann in einem Vorwärmer, bestehend aus einem alten Feuerrohrkessel, gelassen wurde, aus welchem die Speisepumpe es nach Bedürfnis in die Kessel pumpte. Es wurde dabei besonders darauf geachtet, daß der Wasserstand im Vorwärmer bei Anfang und Ende des Experiments genau derselbe blieb; ebenso wurde die Höhe des Wassers in den Kesseln mit möglichster Schärfe fortwährend konstant erhalten.

Ferner wurden Gasanalysen mit Hülfe des Orsat'schen Apparates dicht hinter dem Schieber entnommen und gleichzeitig an dem an dieser Stelle an-

gebrachten Pyrometer mit schraubenförmiger Metallspirale die Temperaturen in bestimmten Zeiten regelmäßig abgelesen.

Die Resultate sind folgende:

Tabelle XXII.

	I. Versuch.	II. Versuch.
Das Experiment dauerte	6 Stunden	6 Stunden
Es wurden verdampft	7000 Liter Wasser	8000 L. Wasser
Verbrauch an rohen Kohlen	900 Kilo	975 Kilo
Verbrauch an reinen Kohlen	786 Kilo	825 Kilo
Also verdampfte:		
1 Kilo rohe Kohle	7,77 Kilo	8,2 Ko. Wasser
1 Kilo reine Kohle	8,9 Kilo	9,7 Ko. Wasser
Die Heizfläche der 2 Kessel beträgt 2·52 =	104 Qu.-Meter	104 Q.-Meter
Folglich verdampfte 1 Quadratmeter Heizfläche pro Stunde	11,2 Kilo	12,82 Kilo
Die ganze Rostfläche beträgt = 2·2,2 =	4,4 Qu.-Meter	4,4 Q.-Meter
Folglich wurden pro Quadratmeter und Stunde verbrannt:		
an rohen Kohlen	34 Kilo	37 Kilo
an reinen Kohlen	30 Kilo	31,3 Kilo
Querschnitt des Schornsteins bei 27 Meter Höhe	1,13 Qu.-Meter	1,13 Q.-Meter
Querschnitt des Rauchschiebers (0,6 Meter breit und 0,16 Meter hochgezogen) .	0,096 Qu.-Meter	0,096 Q.-Meter
Die Dampfspannung betrug konstant .	4 Atm.	4 Atm.
Also die Temperatur des Dampfes T =	144° C.	144° C.
Die mittlere Temperatur im Fuchs t =	250° C.	280° C.
Die mittlere Temperatur im Kesselhause . . . . τ =	17° C.	22° C.
Die Temperatur des Speisewassers ϑ =	75° C.	75° C.
Wasserverbrauch pro Stunde . . H =	1166,66 Liter	1333,33 Liter
Kohlenverbrauch pro Stunde . . K =	131 Kilo	137,5 Kilo
Aus den Rauchgas-Analysen berechnet sich der Quotient der Luftausnutzung . . . . P =	0,464	0,627
Wärmemenge . . . . W =	960 885 Kalorien	1 008 562,5 Kalorien
Die pro Stunde ausgenutzte Wärmemenge . . . . w =	671 296 Kalorien	767 198 Kalorien
Der Quotient d. Wärmeausnutzung Q =	0,698	0,758
Der pro Stunde erfolgte Wärmeverlust:		
1) Diejenige Wärme, welche die dem Ofen entströmenden Verbrennungsgase mit sich führen . . . . u =	212 120 Kalorien	192 241 Kalorien
2) Wärmeverluste durch Ausstrahlung . . . . v =	77 469 Kalorien	49 123,8 Kalorien
Die mittlere durch den Indikator angezeigte Spannungsdifferenz pi =	0,476 Kilo	0,476 Kilo
Kolbengeschwindigkeit . . . . . c =	1,26 Meter	1,4 Meter
Kolbenquerschnitt abzüglich der Kolbenstange . . . . F =	3254,69 □Zent.-M.	3254,69 □Z.-M.
Demnach Leistung in Pferdestärken:		
$Ni = \frac{F \cdot c \cdot pi}{75} =$	26 Pferdestärk.	28 Pferdestärk.
Das aus der Dampfrohrleitung aufgefangene Kondensationswasser betrug in 6 Stunden	500 Liter	865 Liter

	I. Versuch.	II. Versuch.
Folglich ergiebt sich für die Maschine allein in 6 Stunden . . . . ein Konsum von	7000 — 500 = 6500 Liter	8000 — 865 = 7135 Liter
Die Dampfmaschine konsumierte mithin pro Stunde und Pferdekraft	$\frac{6500}{6,26}$ = 41,66 Kilo	$\frac{7135}{6,28}$ = 41,14 Ko. Dampf
Oder verbrauchte pro Stunde und Pferdekraft an rohen Kohlen .	$\frac{41,66}{7,77}$ = 5,36 Kilo	$\frac{41,14}{8,2}$ = 5 Kilo
an reinen Kohlen	$\frac{41,66}{8,9}$ = 4,68 Kilo	$\frac{41,14}{9,7}$ = 4,24 Kilo.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Verdampfung eine 8fache für rohe Kohle war, welches Resultat sehr günstig zu nennen. Es ist dabei aber in Betracht zu ziehen, daß Heizfläche und Rostfläche im Vergleich zum Dampfverbrauch bez. zur Leistung der Dampfmaschine sehr groß sind, und daß die Verbrennung eine sehr langsame war, da nur 34 bis 37 Kilo Kohlen pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde verbrannt wurden.

Der Quotient der Luftausnutzung zeigt, daß noch ein bedeutender Überschuß an Luft vorhanden war. Ohne diesen Umstand hätte die Wärme noch mehr ausgenutzt werden können, wie dies auch aus dem Quotienten der Wärmeausnutzung ersichtlich ist. Dieser Luftüberschuß hat seine Ursache namentlich in dem Eindringen von Luft durch nicht schließende Feuerthüren oder durch die beim Austrocknen des Mauerwerks entstandenen kleinen Risse in den Fugen.

3. Verdampfungsversuche an 5 Kesseln im Jahre 1878.

Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle XXIII zusammengestellt.

Bei Versuch 1 und 2 fand ein forciertes Feuern statt (74 Kilo Kohlen pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche und 17,5 Kilo Wasserverdampfung pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche). Die Verbrennungsgase zeigten beim Verlassen des Kessels noch 315° C. Man sieht daraus, daß zur Erzeugung des Dampfes für die betreffende Maschine 1 Kessel zu wenig ist.

Der Versuch Nr. 3 mit demselben Kessel, aber bei mäßigem Feuern (48 Kilo Kohlen pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche und bei einer Verdampfung von 13,9 Kilo Wasser pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche) zeigt in allen Zahlen, welch bedeutend größerer Effekt erzielt worden ist.

Über das Verhalten der Feuerungen mit langsamer oder rascher Verbrennung bez. mit größerer oder kleinerer Heizfläche geben auch die Versuche Nr. 10—14 Aufschluß.

Die Versuche lassen ferner deutlich erkennen, daß starkes Vorwärmen des Speisewassers von allergrößter Wichtigkeit nicht allein in Rücksicht auf die Dauer der Kessel, sondern auch zur Erzielung wesentlich höherer Leistung derselben mit ein und demselben Quantum Brennmaterial ist.

Verdampfungsversuch mit einem Dupuy's-Kessel.*)

Die Kesselanlage, welche zum Betriebe einer Cellulose-Fabrik dient, besteht aus drei Dupuy's-Kessel, von denen zwei im Betriebe waren und der dritte als Reservekessel kalt lag.

Die Feuerung bestand aus einem Bolzano-Rost**) in der Größe und Konstruktion für Holzabschnitte, Borke u. s. w. bestimmt war. Jeder Kessel hatte eine Heizfläche von 55 Quadratmeter und eine Rostfläche von 1,76 Quadratmeter; also ein Verhältnis $\frac{R}{H} = \frac{1}{28}$. Der Schornstein, etwa 30 Meter vom Kesselhause entfernt, hatte eine Höhe von 40,81 Meter und war oben 1,255 Meter weit. Es mündeten noch andere Feuerungen in der Fabrik selbst in diesen Schornstein, allein derselbe war genügend hoch und weit, wie auch der gute Zug bei der Feuerung zeigte. Zur Heizung wurden oberschlesische Kleinkohlen von der Grube Hugozwang verwendet, deren absoluter Heizwert durch Analyse eines vereideten Chemikers festgestellt wurde. Dieselben waren in grubenfeuchtem Zustande frisch von der Förderung angefahren und das Quantum derselben wurde durch Messen und Wiegen gleichzeitig bestimmt.

Das Speisewasser von 18° C. wurde mit dem abgehenden Dampf bis auf 40° C. vorgewärmt. Die Messung des Speisewassers geschah durch einen von dem Breslauer städtischen Wasserwerk geprüften Wassermesser, System Siemens & Halske, eine Kontrole desselben durch direkte Messung des Wasserquantums war leider nicht zu ermöglichen gewesen.

Die einzelnen Beobachtungen wurden von zwei Vereins-Ingenieuren, dem Fabrik-Dirigenten und dem Ober-Ingenieur der Dampfkessel-Fabrik gemeinschaftlich notiert und ergaben sich folgende Resultate:

Verbrannt wurden in 33 Stunden 8810 Kilo Kohlen, verdampft 47149,5 Kilo Wasser; Kohlenrückstände an Schlacken und Asche betrugen 1159 Kilo.

Die Kohlen ergaben einen absoluten Heizwert nach Favre & Silbermann von 6814,79 Kalorien.

Das Speisewasser hatte eine Durchschnittstemperatur von 43,47° C. Die Dampfspannung hielt sich im Mittel auf 3,78 Atm.

Die Temperatur der Heizgase beim Verlassen des Kessels maß im Mittel 280° C., im Fuchs am Schornstein 250° C.

Die zum Messen des Zuges verwandten Wasser-Manometer zeigten am Rauchschieber durchschnittlich 14 Millimeter Wassersäule, am Haupt-Kanal 16,07 Millimeter.

Hieraus berechnet sich:

Der Kohlenverbrauch pro Quadratmeter Rostfläche auf 67,76 Kilo pro Stunde.

Die Verdampfung pro Quadratmeter Heizfläche auf 12,98 Kilo pro Stunde.

1 Kilo Kohlen (Brutto) verdampfte 5,352 Kilo Wasser, d. h. verwandelte Wasser von 43,47° C. in Dampf von 150° C. oder 5,116 Kilo Wasser von 0° C. in Dampf von 100° C. (= 1 Atm.)

---

*) Siebenter Geschäftsbericht des Schlesischen Vereines zur Überwachung von Dampfkesseln. — Über Konstruktion des Kessels siehe „vollständige Dampfkesselanlagen." S. 103.

**) Vollständige Dampfkesselanlagen. S. 70, Figur 23.

…erluste durch Aus- strahlung. V Kalorien.	Bemerkungen.
160764	Der Kessel der Versuche Nr. 1—3 ist unter Tage aufgestellt. Der Schornstein ist gebildet aus einem vertikalen Schachte von 1,7 Meter lichtem Durchmesser und 8,2 Meter Höhe, einer durchschnittlich mit 7 Gr. steigenden Rauchstrecke im Flötze Braun von 113 Meter Länge und von einem Wetterschachte von noch 110 Meter Höhe. Die vertikalen Schächte, sowie auch die Rauchstrecke sind vollständig ausgemauert, und hat letztere noch auf ihrer ganzen Länge zu beiden Seiten Kühlörter. Das Speisewasser wurde bei den Versuchen Nr. 1 bis 3 in besonderem Gefäß genau gewogen. Gasanalysen wurden bei allen Versuchen mit Hilfe des Orsat'schen Apparates dicht vor dem Schieber entnommen, und gleichzeitig an dem an dieser Stelle angebrachten Pyrometer die Temperaturen in bestimmten Zeiten abgelesen. Die Messung des Speisewassers bei den Versuchen Nr. 4—14 geschah in der Weise, daß das dazu bestimmte Wasser in ein genau durch Rechnung und Wägung abgemessenes Gefäß und dann in einen Vorwärmer, bestehend aus einem alten Feuerrohr-Kessel, gelassen wurde, aus welchem die Speisepumpe es nach Bedürfnis in die Kessel pumpte. Es wurde dabei besonders darauf geachtet, daß der Wasserstand im Vorwärmer bei Anfang und Ende des Experimentes genau derselbe blieb, ebenso wurde die Höhe des Wassers in den Kesseln mit möglichster Schärfe fortwährend konstant erhalten.
180114	
43584	
161563	
76576	
185400	
215997	
180392	
191282	
125949	Letzte praktische Grenzen der Vergrößerung von Rost- und Heizfläche.
100520	
167623	Die Heiz- und Rostflächen sind gegenüber den beiden vorstehenden Versuchen auf das Doppelte vergrößert, während sich der Effekt pro 1 Kilogramm Kohle etwas verringert hat.
151376	
140397	

1 Kilo Kohle (Netto) verdampfte 6,17 Kilo Wasser zu Dampf von 3,78 Atm.

Nach diesen nicht sehr günstigen Resultaten ist zu erwähnen, daß die Leistung der Kessel für den Dampfverbrauch der Fabrik zu gering war und deshalb die Roste zeitweise forciert werden mußten. Es liegt dies keinesfalls an den sonst gut verdampfenden Dupuy's-Kesseln, sondern an den ungeeigneten Rosten, deren Größe, Lage zum Kessel und besonders Konstruktion von vornherein für ganz anderes Brennmaterial (Holz, Borke u. s. w. wie schon oben erwähnt) bestimmt war.

Es wurde empfohlen die Bolzano-Roste überhaupt zu kassieren und statt derselben Planroste zu legen.

Verdampfungsversuch in einer Kammgarnspinnerei.*)

Zur Erzeugung des gebrauchten Dampfes wurden benutzt:

Ein Doppel-Flammrohrkessel (Nr. 270) mit Innenfeuerung von 62 Quadratmeter Heizfläche und 2,84 Quadratmeter Rostfläche.

Ein Röhrenkessel von Pauksch & Freund (Nr. 269) mit Unterfeuerung von 133,59 Quadratmeter Heizfläche und 2,59 Quadratmeter Rostfläche.

Die Kessel wurden mit dem Kondensationswasser der Dampfmaschinen, welche sie trieben, gespeist, und letzteres mit einem Wassermesser aus der Fabrik von H. Meinecke**) in Breslau gemessen.

Das benutzte Brennmaterial war Oberschlesische Kleinkohle vom Hohenzollernschacht bei Beuthen; dieselbe war durch anhaltenden Regen stark genäßt worden. Eine Trockenprobe auf dem Kessel ergab 10 % Feuchtigkeit, weshalb zum Vergleich mit anderen nur grubenfeuchten Kohlen 5 % Wasser vom Gewichte der Kohlen abgezogen wurden. — Die Kohlen wurden unter doppelter Kontrolle auf einer empfindlichen Dezimalwage bei ihrem Einbringen in das Kesselhaus genau abgewogen.

Der Versuch dauerte ununterbrochen 10 Stunden und wurden während desselben folgende Beobachtungen aufgenommen:

Tabelle XXIV.

Zeit.	Kohlen.	Wassermesser Kubikmeter.		Manometer.		Pyrometer.		Temperatur des Speisewassers. R.	Bemerkungen.
		Nr. 270	Nr. 269	Nr. 270	Nr. 269	Nr. 270	Nr. 269		
7 30	1218 Pfd.			4,1	4,3				
7 50				3,85	4,2				
8 00				4,3	4,6				
8 20		36,55						36°	Frühstück von 8—8 20.
8 25			37,35	4,1	4,4				
8 35		37,55		4,5	4,8			30°	

*) Achter Geschäftsbericht des Schlesischen Vereines zur Überwachung von Dampfkesseln.

**) „Vollständige Dampfkesselanlagen." S. 327, Figur 230—235.

Zeit.	Kohlen.	Wassermesser Kubikmeter.		Manometer.		Pyrometer.		Temperatur des Speisewassers. R.	Bemerkungen.
		Nr. 270	Nr. 269	Nr. 270	Nr. 269	Nr. 270	Nr. 269		
8 45		37,77		4,2	4,5			30,5°	
8 53			38,65						
9 00		38,65		4,5	4,8				Sämtliche Spinnsäle im Betriebe.
9 7		39,20		4,4	4,7			23°	
9 12			39,6	4,1	4,4			23°	
9 45				4,05	4,5			22°	
9 50		40,5		3,85	4,2				Kämmerei und Wäscherei im Betrieb.
9 54			40,85	3,55	3,9			22°	
10 12				3,97	4,5			22°	Die ganze Fabrik im Betrieb.
10 27				4,5	4,75			23°	
10 37			41,92	4,11	4,45			35,5°	
10 42		42,42		4,1	4,5			36°	
10 55			42,42	4,2	4,5		225°	37,5°	
11 7	3120 Pfd.		43,45	4,3	4,5		225°	35°	Unterer Saal bleibt stehen.
11 19		44,59		3,95	4,4		220°	30°	
11 25			44,59	3,85	4,3	290°	220°	29°	
11 34			45,28	4,1	4,4	260°	215°	31°	Alles im Betrieb.
11 49			45,28	4,55	4,9		218°	33°	
11 57			46,14	3,8	4,15		192°	33°	
12 00									Maschine geht leer.
12 5		47,07		3,7	4,00			19°	
12 20									Maschine bleibt stehen
1 00				4,00	4,3				Maschine geht wieder.
1 15				4,4	4,7	320°	225°	28°	Alles im Betrieb.
1 25			48,38	3,95	4,3	352°	220°	29°	
1 37				4,4	4,7	400°	210°	30,5°	
1 46		49,2		4,1	4,4		200°	31°	
2 4			49,2	4,2	4,5		195°	30,5°	Alles im Betrieb.
2 12		50,30	50,30	3,8	4,1		225°	32°	
2 20		51,13		4,4	4,6	330°	230°	32,5°	
2 37				4,4	4,6		205°	33,5°	
2 42			51,13	4,1	4,5				
2 50			51,98	4,1	4,5		222°	32,5°	
3 2	1913 Pfd.	51,98		4,45	4,6		210°	32°	Alles im Betrieb.
3 22			53,88	4,5	4,5		220°	32°	
3 42			53,88	4,15	4,5		215°	32,5°	
4 00		55,32		4,42	4,6				
4 30		56,38		4,55	4,8		210°	33°	
4 52		57,88		4,2	4,5		220°	34,5°	
5 4		58,83		4,45	4,65		210°	34°	
5 30				3,00	3,5				
Dauer des Versuches 10 Stdn.	Verbrauchte Kohlen: 6250 Pfd. = 3125,5 Kilo.	Verbrauchtes Wasser 10,17 | 13,81 Kubikmeter = 10092 | 13704 Kilo.		Mittlere Spannung 4 1/10 | 4 4/10 Atm.		Mittlere Temperatur der verlorenen Gase für den Fuchs: 360° | 214° Celsius.		Mittlere Temperatur des Speisewassers 39° C.	

Aus dieser Tabelle ergiebt sich nun folgendes:

Verbrannt wurden im ganzen 3125 Kilo nasse Kohlen nach Abzug von 5 % Wasser = 2969,3 Kilo Kohlen.

Die verbrauchte, resp. verdampfte Wassermenge betrug 23,98 Kubikmeter oder 23 796 Kilo; die Temperatur desselben vor dem Speisen durchschnittlich 31,4° R. oder 39° C.

Die mittlere Spannung war 4,1 Atm., entsprechend einer Temperatur des Dampfes von 153° C.

Es verwandelte:

1 Kilo Kohle 8,03 Kilo Wasser von 39° C. in Dampf von 4,1 Atm.

Oder reduziert:

1 Kilo Kohle 7,73 Kilo Wasser von 0° C. in Dampf von 1 Atm. = 100° C.

Die gesamte Heizfläche beträgt 198,7 Quadratmeter, die Rostfläche 5,43 Quadratmeter.

Pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche wurden verbrannt 1,49 Kilo Kohlen,

pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche wurden verdampft 11,93 Kilo Wasser von 39° C.,

pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche wurden verbrannt 54,38 Kilo Kohlen,

pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche wurden verdampft 435,58 Kilo Wasser.

Der Röhrenkessel verdampfte 13,704 Kilo Wasser, d. h. pro Stunde und Quadratmeter 10,26 Kilo; der Flammrohrkessel verdampfte 100,2 Kilo Wasser in derselben Zeit, dem entsprechen pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche 15,63 Kilo.

Die Temperatur der Heizgase wurde unmittelbar hinter dem Rauchschieber vermittelst Quecksilber-Pyrometer gemessen und betrug beim Röhrenkessel 192° bis 230° C., im Mittel 214° C.; beim Flammrohrkessel 360° und mehr, so daß sie zeitweise mit dem obengenannten Instrumente nicht mehr gemessen werden konnte. Nur bei ganz schwachem Feuer beim Abschlacken und frischer Beschickung der Roste sank sie beim Flammrohrkessel bis auf 320—330° C. herab.

Verdampfungsversuch mit einem stehenden Kessel für den Kleinbetrieb.*)

Patent Främbs & Freudenberg.

Der Versuch wurde bei offenem Sicherheits- und Hauptventil mit der nötigen Vorsicht vorgenommen, indem bei allen Messungen doppelte Kontrolle angewendet wurde.

Die Kontrolle des verdampften Wassers geschah, um Fehler von Bedeutung zu vermeiden, dadurch, daß ein scharf geschnittener Papierstreifen um jedes der beiden Wasserstandsgläser geklebt war, auf dessen obere gerade Kante der Wasserstand beim Beginn und am Ende des Versuchs genau eingestellt wurde.

Die Messung der Feuergase geschah mittelst Quecksilber-Pyrometer, auf 360° C. geteilt, und zwar wurden dieselben durch den oberen Deckel aufrecht stehend so eingesetzt, daß das Quecksilbergefäß sich mitten vor der Drehklappe befand, welche als Rauchschieber dient. — Die Durchgangsöffnung des Pyrometers war luftdicht verschlossen.

Während der ganzen Dauer der Versuchszeit, welche 6 Stunden und

*) Achter Geschäftsbericht des Schlesischen Vereins zur Überwachung von Dampfkesseln.

15 Minuten umfaßte, kontrollierte Herr Fabrikbesitzer Främbs und der Ober-Ingenieur des Schlesischen Vereins zur Überwachung von Dampfkesseln, Herr Minsen, die richtige Wartung des Kessels, zu welcher ein gewandter Heizer bestellt war.

Die Heizfläche beträgt, wenn die Röhren bis zum mittleren Wasserstand gerechnet werden, 5,7 Quadratmeter. Die Heizrohre gehen mit etwa 1/4 ihrer Länge durch den Dampfraum, sodaß die Wasserbespülte Heizfläche 28 mal so groß ist als die Rostfläche, letztere beträgt 0,2 Quadratmeter. Die Roststäbe hatten eine Stärke von 6 Millimeter und ließen Lücken von 4 Millimeter zwischen sich, sodaß sich mit Berücksichtigung der Rippen eine freie Rostfläche von 0,09 Quadratmeter ausrechnete, d. h. 44 % der ganzen Rostfläche.

Der Betrieb geschah in regelmäßiger, rationeller Weise und wurde vor Beginn wie zum Schluß geschlackt und gutes, frisches Feuer gemacht. In der Mitte der Versuchsperiode wurden die Feuerröhren einmal durchgestoßen, um den Ruß zu entfernen, wozu der obere Deckel des Ganzen in 2 Teile geteilt ist, diese Prozedur erforderte 3 Minuten Zeit. — Die Kohlen lagen etwa 80 Millimeter hoch auf dem Rost und entstieg bei der gleichmäßigen Beschickung und Wartung desselben dem Schornstein nur wenig durchsichtiger Rauch. — Der Zug wurde durch Wassermanometer am untern Ende des Schornsteins gemessen und gab ziemlich konstant 5—6 Millimeter Wassersäule; dieser geringe Luftzug resultierte aus der geringen Höhe des eisernen Schornsteins von 13 Meter. Andererseits ist auch noch in Rücksicht zu ziehen, daß der Versuch bei trübem Himmel und schwerer, ruhiger Luft begann und daß später starker Regenfall eintrat.

Das Endresultat des Experiments ergab, daß mit 164 Pfund Waldenburger Nußkohle, aus den Fürstlichen Pless'schen Gruben, 1243 Pfund Wasser von durchschnittlich 8,1° R. = 10,12° C. verdampft worden waren. Die zum Schluß gewogene Schlacke betrug 10,5 Pfund also 6,45 % der Brutto Kohle. Die am Rauchschieber gemessenen Heizgase hatten eine Temperatur von 189° C. im Minimum und 245° C. im Maximum, also im Durchschnitt 218° C.

Es verdampfte also 1 Pfund Kohle brutto 7,88 Pfund Wasser von 10,12° C.
" " " " " " netto 8,1 " " " 10,12° "
" " " " " " brutto 7,46 " " " 0° C.
zu Dampf von 100° C. 1 Quadratmeter Rostfläche verbrannte pro Stunde 131,2 Pfund = 65,6 Kilo Kohlen, 1 Quadratmeter Heizfläche verdampfte pro Stunde 35 Pfund = 17,5 Kilo Wasser im mäßigem Betriebe, welcher sich, wie leicht aus diesen Zahlen zu ersehen ist, wesentlich steigern läßt, ohne obige Resultate bedeutend zu beeinflussen.

Der Kessel weist also demnach eine gute Verdampfung auf.

Versuche an der neuen Kessel- und Maschinenanlage des städtischen Wasserwerkes zu Breslau.*)

Dieselben erstrecken sich über einen Zeitraum von Anfang August bis zu Anfang Dezember 1879.

*) Neunter Geschäftsbericht des Schlesischen Vereins zur Überwachung von Dampfkesseln.

Geliefert waren 2 rotierende, stehende Maschinen nach Woolf'schen System mit doppelwirkenden Filter- und Hochdruckpumpen, dazu die nötigen Dampfkessel u. s. w., von weiterhin angegebener Leistungsfähigkeit. Maschinen erhalten Ventilsteuerung nach Sulzer'schem Prinzip und die Pumpen doppelte Glockenventile. Jede der beiden Maschinen soll gleichzeitig eine Filter und eine Hochdruckpumpe betreiben. Die Filterpumpe, welche außer dem zu filtrierenden Wasser auch das Kondensationswasser zu schaffen habe, muß per Minute 15 Kubikmeter Wasser aus dem 18 Meter entfernten Sammelbrunnen nach den 170 bis 250 Meter entfernten Filterbassins heben. Der normale Wasserspiegel der Filterbassins liegt 7,846 Meter über dem Nullpunkt des Oderpegels. Die Hochdruckpumpe muß per Minute 13 Kubikmeter Wasser 39,702 Meter hoch fördern.

Unternehmer garantierte dafür, daß zur Hebung von 100 Kubikmeter Wasser mit den von ihm gelieferten Maschinen und Dampfkesseln nicht mehr als 24 Kilo Nußkohle der Louisenglückgrube u. s. w. erforderlich seien.

Die Maschinen haben zwei Zylinder neben einander, einen Hochdruck-Zylinder von 627,7 Millimeter Durchmesser und einen Niederdruck-Zylinder von 1255 Millimeter Durchmesser, Hub 2510. Umdrehungszahl zirka 13. Die Filterpumpe hat 667 Millimeter Durchmesser, 1778 Millimeter Hub, die Hochdruckpumpe 617 Millimeter Durchmesser, 1778 Hub.

Zur Erzeugung des nötigen Dampfes sind 5 Kessel aufgestellt worden, bestehend aus einem Oberkessel, mit je 2 Unterkesseln durch je 1 Stutzen verbunden; jeder Dampfkessel hat eine Heizfläche von 69,4 Quadratmeter. Die Roste hatten anfangs jeder 2,73 Quadratmeter, wurden aber der Versuche wegen auf 1,4 Quadratmeter verkleinert.

Die Versuche begannen damit, daß die Hochreservoire für das filtrierte Wasser, aus welchen dasselbe nach der Stadt heruntergelassen wird, genau ausgemessen wurden, um den Nutzeffekt der Pumpen festzustellen. Dann wurde der Boden derselben mit Wasser bedeckt, um eine ebene Fläche zu erzielen, von der aus die genaue Höhe der Füllung gemessen wurde. Da die Querschnitte durch die ersten Messungen ermittelt waren, so konnte das ganze in das Reservoir eingepumpte Wasser einfach durch Höhenmessung genau bestimmt werden.

Da die von der Stadt angelieferten Kohlen der Louisenglückgrube kein besonderes Aussehen zeigten, so wurde der Maschinenbau-Anstalt gestattet, eine andere schlesische Steinkohle herauszusuchen, mit welcher der Probeversuch gemacht werden konnte, und wurden nun in den nächsten Wochen verschiedene Versuche mit Oberschlesischen und Niederschlesischen Steinkohlen angestellt, bei denen mit offenem Mannloch verdampft wurde, um Fehler zu vermeiden, welche im Betriebe durch mechanische vom Dampfe mit fortgerissenen Wasser entstehen. — Als die bei dieser Kesselanlage mit ihren Verhältnissen günstigste, stellte sich die Ludwigsglücks-Gruben-Kohle heraus, und wurden die folgenden, eigentlich maßgebenden Probeversuche mit dieser Kohle und gleichzeitig mit Louisenglück-Kohle, auf Wunsch der städtischen Behörde angestellt.

Zur Feststellung des Kohlenverbrauchs wurden 5 Tage genommen, an welchen dreimal mit Kohle von Ludwigsglück und zweimal mit Kohle von Louisenglück gefeuert wurde; die Versuche dauerten jedesmal einen ganzen Tag und wurden die genauen Aufzeichnungen während einer Dauer von 6—9 Stunden täglich von zwei leitenden Ingenieuren gemacht und nach

vollendetem Versuch abends zur gegenseitigen Kontrolle verglichen und übereinstimmend gefunden. — Die vom freien Hofe hereingeholten Kohlen wurden, da sie durch starke Regengüsse und Schneefall übermäßig naß waren, abends vor dem Versuch in das Kesselhaus gefahren und dadurch soweit getrocknet, daß ihr Wassergehalt ungefähr der Grubenfeuchtigkeit entsprach. — Die zum Feuern bestimmten Steinkohlen wurden auf einer Dezimalwage zugewogen und der verbleibende Rest jedesmal am Schluß des Versuchstages zurückgewogen und abgerechnet; ebenso sind die Schlacken und Asche aus dem Aschenkanal und von dem Roste sorgfältig gesammelt worden und nach Prozentsatz berechnet. Das Speisewasser wurde in einem geaichten eisernen Gefäß gemessen, welches genau einen Kubikmeter Inhalt hatte und über dem Speisebehälter stand, aus dem die Dampfpumpen saugten; bei jedem Kubikmeter, der in den Speisebehälter abgelassen, wurde die Temperatur in Graden nach Celsius genau bestimmt. Die abziehenden Feuergase wurden mit Quecksilberpyrometer jede Viertelstunde bestimmt. An der Betriebsmaschine wurden mit einem versiegelten Hubzähler die Umdrehungen festgestellt, welche sie während der ganzen Versuchsdauer gemacht hatte; aus dieser Zahl und dem zuerst ermittelten Nutzeffekt von 99,53 % der Pumpen ergab sich die Menge des in das Hochbassin geförderten reinen Wassers. Direkt in diesem Bassin konnte das Förderquantum nicht bestimmt werden, da das Wasser aus demselben permanent nach der Stadt abfließen mußte; sonst für die Dauer der Versuchsstunden ohne Wasser gewesen wäre.

Die gewonnenen Resultate sind in folgender Tabelle XXV zusammengestellt:

Tabelle XXV.

Datum 1879.	Zeitdauer des Versuches. Stdn. und Min.	Steinkohlen		Speisewasser		Spannung im Kessel	Heizgase	Hübe der Dampfmaschine.	Wasser gefördert Kubikmeter.	Per Minute		Kohlen zum Fördern von 100 Kubikmeter Wasser.
Nov.		verfeuert Kilo.	Asche und Schlacken %	Kubikmeter.	Grad C.	Atm.	°C.			Hübe.	gefördertes Wasser Kubikmeter.	
14.	7 33	1930	7	14,3	39,3	4,59	207	5717	5923	12,62	13,08	33,42 Ko. Ludwigsglück-Grube
15.	6 58	2160	11,3	12,55	41,3	4,65	218	5268	5458	12,6	13,05	39,38 „ „ „
17.	8 14	1980	7,32	15	38,5	4,65	216	6241	6466	12,61	13,1	30,62 „ „ „
19.	7 46	1980	5,36	14	38,5	5,5	231	5864	6075	12,6	13,02	32,59 „ „ „
21.	6 50	1800	8,6	12,5	43	4,8	204	5245	5433	12,79	13,25	33,12 „ „ „

Vergleichende Versuche über den Wert verschiedener Kohlensorten, namentlich mit Berücksichtigung ihrer Rauchbildung.*)

Der Schweizerische Verein von Dampfkesselbesitzern stellte sich die Aufgabe, zu untersuchen, ob es vielleicht möglich wäre, ohne eine allzuvermehrte Ausgabe für das Brennmaterial, durch Anwendung gewisser Kohlensorten den Rauch erheblich zu vermindern und dadurch einen, allerdings an gewissen Örtlichkeiten vorhandenen Übelstand wenigstens teilweise abzuhelfen.

*) Zehnter Jahresbericht des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern.

Wir wissen zwar wohl, daß es Apparate giebt, die mit einer Kesselanlage in Verbindung gebracht, derselben die Eigenschaft der nahezu rauchlosen Verwertung der Wärme der Kohlen, seien diese nun aus der oder jener Gegend oder Grube, mitzuteilen im stande; wir wissen auch wohl, daß durch Beseitigung gewisser Fehler in der Anlage und dem Betrieb viel geholfen werden kann; allein unsere Erfahrung zeigt auch, daß es Verhältnisse giebt, welche weder Änderungen von letztgenannter Art, nach Anschaffung besonderer Apparate gestattet und für solche Verhältnisse glauben wir, möchte die nachstehende Mitteilung der bezüglichen Proberesultate von Interesse sein.

Sämtliche zur Verfügung gestellte Kohlensorten wurden bei ein und demselben Kessel und unter möglichst gleichmäßigen Bedingungen und Umständen verbrannt und zwar wurde mit jeder Sorte jeweils 2 Tage bei normalem Betrieb gearbeitet; den Montag, wegen der abnormalen Abkühlung über den Sonntag, an welchem Tage Kesselwandungen und Züge gründlich abgerußt wurden, ließ man aus und verwendete ein und dieselbe Sorte jeweils am Dienstag und Freitag, eine andere am Mittwoch und Donnerstag, um möglichst gleichmäßige Einwirkung des Rostes bei jeder Kohle zu haben.

Die Kohlen selbst wurden in Quantitäten von zirka 1500 Kilo aus den betreffenden Lagervorräten oder direkt vom Wagen genommen, partienweise jedesmal, bevor sie ins Kesselhaus kamen, genau gewogen und in regelrechter Weise verfeuert.

Die Behandlung des Feuers war eine recht sorgfältige und der Beschaffenheit der einzelnen Sorten angemessene. Asche und Schlacken kamen ebenfalls zur nachherigen Abwägung, figurieren aber sonst nicht in den Rechnungsresultaten, da sie auch bezahlt werden müssen und die bezüglichen Resultate nicht über den Wert der Anlage, sondern des Brennmaterials Auskunft geben sollen.

Das Speisewasser kam aus einem geaichten Gefäß, das wiederum in einige Unterabteilungen eingeteilt war, die ihrerseits durch genau gewogene Quantitäten Wasser und der gewöhnlichen Temperatur verifiziert waren.

In Betreff der Rauchbildung wurden verschiedene Mittel versucht, um solche zu beurteilen, es stellte sich jedoch heraus, daß die bloße Beobachtung vom Auge noch die zuverlässigste und jedenfalls für gegenwärtige Proben eine genügende sei.

Man unterschied zwischen „dickschwarzem“, „dunkeln“ und „hellen“ Rauch und notierte, wie lange derselbe bei einer einzelnen Charge, die aus 4 bis 6 Schaufeln oder 10—12 Kilo Kohle bestand, andauerte. Ein Mittel aus allen diesen Beobachtungen ist in nachstehender Tabelle enthalten.

Die mechanischen Verhältnisse der Anlage waren folgende:

Erstellungsjahr des Kessels: 1872.
Maximalarbeitsdruck: 5 Atm.
System: Cornwallkessel mit gewöhnlicher Einmauerung ohne Vorwärmer.

I. Zug durch die Flammröhre,
II. Zug unter dem Kessel nach vorn,
III. Zug über dem Kessel nach dem Fuchs.

Kesseldurchmesser 1,35 Meter und 4,95 Meter lang.
Feuerröhrendurchmesser: 0,72 Meter.
Heizfläche: 24 Quadratmeter.
Rost (Mehl'scher) totale Fläche: 0,84 Quadratmeter.

Züge: Querschnitt über die Feuerbrücke: 0,171 Quadratmeter.
Querschnitt beim Essenschieber: 0,225 Quadratmeter.
Höhe der Essenschieberöffnung: 540 Millimeter.
Querschnitt, kleinster des Kamins: 0,229 Quadratmeter.
Höhe des Kamins: 18 Meter.
Verhältnis von Heizfläche zur Rostfläche: 28,5 : 1
" " " " Verdampfungsoberfläche: 4,4 : 1.

Der erzeugte Dampf wurde einesteils verwendet zur Speisung einer 15 pferd. Dampfmaschine und eines kleinen Dampfhammers, anderenteils diente er zur Heizung der Fabriklokalitäten.

Die Resultate der Proben sind in der Tabelle XXVI zusammengestellt.

Außer den, in der Tabelle genannten 6 Sorten wurde noch eine weitere, nämlich eine Sorte böhmischer Braunkohlen geliefert; dieselbe gab jedoch schon am ersten Tage so geringe Resultate, daß am zweiten Tage nicht mehr damit geheizt wurde und von vornherein bei ihrer Verwendung für Dampfkesselbetrieb abgesehen werden muß. Die Rauchbildung derselben war eine mittelmäßige.

Was nun obige Resultate anbetrifft, so darf natürlich nicht auf absolute Richtigkeit derselben Anspruch gemacht werden. Zwar sind die angegebenen Verbrauchszahlen von Kohlen und Wasser durchaus zuverlässig; allein es kommen noch andere Faktoren in Betracht, denen, abgesehen von den verschiedenen Witterungseinflüssen, unter obwaltenden Umständen leider keine Rechnung getragen werden konnte.

Einmal war das zur Verwendung kommende und überhaupt zur Verfügung stehende Quantum zu klein, als daß man sicher sein konnte, eine richtige Durchschnittsqualität, wie sie die Grube giebt, in der Probe zu haben, sodann war der Feuchtigkeitsgrad ein unbekannter und jedenfalls verschiedener, ebenso entsprach wohl auch die mechanische Beschaffenheit der Kohle nicht ganz der Wirklichkeit, indem da und dort vielleicht mehr Gries und weniger Stücke in den Handel kommen, als das Probequantum erzeigte. Immerhin mögen für in größeren Städten wohnenden Kesselbesitzer, denen eine, wie Eingangs erwähnte Veränderung ihrer Anlage oder ihres Betriebes nicht möglich ist, die oben genannten Zahlen einigen Wert haben, indem sie doch wenigstens im allgemeinen zeigen (und das war ja der Hauptzweck des Vereins, den derselbe mit den Proben erreichen wollte), daß es Kohlen giebt, die bei ganz anständiger Leistung es gestatteten, mit geringerem als dem üblichen, ja fast gar keinem Rauch zu arbeiten.

Selbstverständlich leistet nicht bei jeder Dampfanlage eine Kohlensorte das Gleiche, namentlich werden sich erhebliche Differenzen ergeben, je nachdem der Betrieb ein normaler, wie im vorliegenden Falle, oder dann ein mehr oder weniger forcierter ist.

Es wird daher vor definitiver Auswahl zweckmäßig sein, bei jeder einzelnen Anlage Versuche zu machen.

…ge hell …inuten.	Rangordnung der Kohlen. nach ihrer Leistung.	 nach dem Rauchen.	Bemerkungen betreffend Reinigung des Feuers 2c.
1,9	IV	VI	Am zweiten Tage wurde eine Partie Kohlen durch unverhofft über Nacht gefallenen Regen etwas genetzt; Feuer mußte erst nach Schluß des Betriebes gereinigt werden.
2,5	I	III	Das Feuer mußte jeweils vor- und nachmittags einmal gereinigt werden.
2	II	IV	Während des Betriebes mußte das Feuer nicht gereinigt werden.
0,9	III	II	Wie oben.
2,1	VI	V	Wie oben.
0,5	V	I	Wie oben.

Untersuchung einer Kesselanlage eines Dampfsägewerkes.*)

In Betrieb waren:

Nr. 1: 1 große Bauholzfraise,
„ 2: 1 Vollgatter mit 7—8 Blatt,
„ 3: 1 Gattersäge mit 1 Blatt,
„ 4: 1 Dachlattenfraise,
„ 5: 1 kleine Bandsäge,
„ 6: 1 kleine Hobelmaschine,
„ 7: 1 Aufzug

und zwar Nr. 1 und 3 den ganzen Tag, Nr. 2: 3 Stunden mit 8 Blatt und 7 Stunden mit 7 Blatt, Nr. 4: 7 Stunden, Nr. 5, 6 und 7 nur kurze Zeit und ohne erhebliche Kraftbeanspruchung.

Gearbeitet wurde täglich 11 Stunden.

Als Brennmaterial wurden von der Bauholzfraise kommende tannene Sägespähne verwendet, genau gewogen und gemessen.

Benannte Fraise lieferte den ganzen Tag mehr als genug des betreffenden Materials, das verwendete Holz war ziemlich naß und ergab sich, auf mehrere Arten geprüft ein mittlerer Wassergehalt der Sägespähne von 40 %.

Das verwendete Speisewasser hatte 10° C. Temperatur und konnte leider nicht ganz genau, sondern nur auf folgende Art gemessen werden.

Die Speisepumpe arbeitete den ganzen Tag und ging der Überlauf in ein Gefäß, daß genau gemessen werden konnte, so dann wurde mehrere Male genau gemessen, wieviel die Pumpe pro 100 Stöße lieferte und wurde dann aus der Tourenzahl und der Zahl der vom Überlauf gefüllten Gefäße das gespieene Wasser so gut als möglich bestimmt.

Die mechanischen Verhältnisse der Anlage waren folgende:

Dampfkessel: Durchmesser des Kessels . .	1,45	Meter
„ der Feuerröhre	0,81	„
Länge des Kessels. . . .	6,15	„
Heizfläche des Kessels	33	Quadratmeter
„ „ Vorwärmers . . .	19	„
Summa	52	Quadratmeter.

Rostfläche 1,1 Quadratmeter oder 1/30 der Kesselheizfläche.

Arbeitsdruck 5 Atm.

Der Schornstein hatte 22,5 Meter Höhe und 0,3 Quadratmeter kleinsten Querschnitt.

Ventil-Dampfmaschine: Zylinderdurchmesser:	0,27 Meter,
Kolbenhub	0,66 Meter,
Durchmesser der Kolbenstange	42 und 40 Millimeter,
Kolbenfläche vorn	558,7 Quadratzentimeter,
Kolbenfläche hinten	559,99 „ „

Resultate: Tourenzahl per Minute: 65,
Kolbengeschwindigkeit: 1,43 Meter,
Durchschnittlicher Druck im Kessel: 3,9 Atm.,
Durchschnittlicher Druck im Zylinder: 1,731 Atm.,
Arbeitsleistung: 18,45 indiz. Pferdekräften.

*) Elfter Jahresbericht des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern.

Speisewasserverbrauch während 11 Stunden	2986	Kilo,
Temperatur: 10° C.,		
auf 0° reduziert	2940	„
per Stunde	267,27	Kilo
per Stunde und Quadratmeter Heizfläche	8,1	„
per Stunde und indiz. Pferdekräfte . .	14,48	„
Sägespähneverbrauch während 11 Stunden inkl. Anheizen	1086,5	„
per Stunde	98,77	„
per Stunde und Quadratmeter Roststfläche	89,8	„
per Stunde und Quadratmeter Heizfläche	2,99	„
per Stunde und indiz. Pferdekräfte . .	5,35	Kilo.

1 Kilo Sägespähne verdampfte Wasser von 0°: 2,7 Kilo und entwickelte eine nutzbar gemachte Wärme von 1760 Kalorien. Zu allfälliger Vergleichung diene noch die Angabe, daß in dem lockern Zustande wie das Sägemehl in Körben ins Kesselhaus kam, 1000 Kilo gleich 0,6 Kubikmeter ausmachten.

Wenn in Rücksicht genommen wird, daß zum Betriebe der ganzen Anlage nicht einmal das ganze Abgangssägemehl der einen Fraise, keine Spur von Abgangholz zur Verwendung kommt und ersteres in sehr feuchtem Zustande verbrannt werden mußte, kann die ganze Anlage nicht anders als eine sehr ökonomisch arbeitende bezeichnet werden. Der Hauptgrund dieses günstigen Resultates ist wohl, nebst der vorzüglichen Leistung der Maschine, darin zu suchen, daß sowohl ausreichende Heizfläche, als auch großer Wasserraum vorhanden, also der Kessel groß genug war, Dank dieses großen Wärmereservoirs und also guten Regulators.

Verdampfungsversuche und pyrometrische Messungen an drei Kesseln in einer Zuckerfabrik.*)

Von Inspektor A. Blaha in M. Ostrau.

Über die ökonomischen Vorteile der Führung des letzten Zuges über den Dampfraum wurde bisher wiederholt in fachmännischen Kreisen debattiert, ohne daß jedoch der ziffermäßige Nachweis geführt oder durch Versuche dargethan worden wäre, bis zu welchem Grade diese Zugführung gegen die bisher übliche den Vorzug verdient. Ein Versuch dieser Wertermittelung ist der Zweck nachstehender Mitteilung.

Zu einem vergleichenden Versuch eignen sich ganz vorzüglich die Kessel Nr. 1, 3 und 4, da sie einer Anlage von 7 Dampfkesseln angehören, nach gleichem Systeme als horizontale Röhrenkessel konstruiert sind, und nur in den Maßen von einander abweichen. Eine weitere Abweichung besteht in der Zeit der Anfertigung resp. in der Benutzungsdauer, welche bei allen drei Kesseln eine verschiedene ist, ein Umstand, der bei Beurteilung der Verdampfungsfähigkeit deshalb in Betracht gezogen werden muß, weil bei der vorhandenen Kesselkonstruktion die Möglichkeit zu einer gründlichen Reinigung nicht in solcher Weise berücksichtigt worden ist, als gerade hier erforderlich.

Zur Orientierung ist noch zu bemerken, daß während der Dauer des

*) Zeitschrift Nr. 11, 1877 der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. Wien.

Versuches für alle drei Kessel ein Speisewasser von der Temperatur 11,5° R. = 14,375° C. in Verwendung kam, und an gleichen Stellen von einer gemeinschaftlichen Dampfspeisepumpe eingeführt wurde.

Zum Messen des Speisewassers war vor dem Saugventil der Speisepumpe ein Wassermesser von Siemens & Halske, Berlin, eingeschaltet, der das durchgehende Wasserquantum in preußischen Kubikfußen registrierte, zum Umrechnen in Kubikmeter wurde die Vergleichungszahl 1 preuß. Kubikfuß gleich 0,03092 Kubikmeter benutzt. Die Verpackungen an den Rohrleitungen der Speisepumpe, an den Speiseventilen, an den Ablaßhähnen, sowie an den Wasserstandsgläsern waren vollkommen dicht, so daß nirgends ein Wasserabgang konstatiert werden konnte.

Die Heizung der Kessel geschah durch einen gemeinschaftlichen Heizer, der alle drei Roste gleichmäßig zirka 80 Millimeter hoch mit Kohlen zu beschicken hatte, ebenso wurde für diese drei Kessel ein gleiches lufttrockenes Brennmaterial, bestehend aus Steinkohlen der Hermenegildegrube der K. Ferdinands Nordbahn in M. Ostrau, ausgewählt, und für jeden Kessel 500 Kilo abgewogen.

Zum Messen der Temperatur diente ein Metallpyrometer von Schäffer und Budenberg in Magdeburg, adjustiert auf 600° R., die dann in Grade nach Celsius umgerechnet wurden.

Die Veranlassung zu nachstehenden Versuchen bot der Umstand, daß Kessel Nr. 4 neu eingemauert, und bei dieser Gelegenheit, abweichend von der Einmauerungsmethode der übrigen Kessel, die Führung des letzten Zuges über den Dampfraum verlegt wurde, so daß der Wirkungsgrad dieser Zugführung ein Vergleich zu der Einmauerung der älteren Kessel Nr. 1 und 3 auf bequeme weise konstatiert werden kann.

Kessel Nr. 4 hat einen Planrost, System Kasalovsky, I. Zug ist unterhalb des Kessels von vorn nach rückwärts geführt, geht als II. Zug durch die Röhren sowohl, als rechts und links an den Kesselwandungen vorüber, und passiert als III. Zug den Dampfraum des Kessels, um an der hinteren Seite in die Esse zu gelangen.

Der Planrost des Kessels Nr. 3 ist aus gewöhnlichen Roststäben in üblicher Fischbauchform gebildet, während der Kessel Nr. 1 mit einem Planrost nach System Mörth versehen ist.

Bei den zwei letzteren Kesseln ist der I. Zug unter den Kesseln nach rückwärts, II. Zug rechts und links an den Seitenwänden nach vorn und III. Zug durch die Heizrohre geführt, um in den Schornstein zu münden. Diese Zugführung muß namentlich deshalb eine rationelle genannt werden, weil mit der Ausnutzung der Gase resp. der Verminderung ihrer Temperatur auch die Stärke der Kesselwände abnimmt, so daß die schon teilweise abgekühlten Gase die dünnsten Wände, das sind die Röhren, vor ihrem Eintritt in die Esse passieren.

Der Wasserstand wurde vor dem Versuche in den Gläsern durch Marken fixiert, die Roste geschürt und beschickt. Nachdem das Wasser aller drei Kessel gleichzeitig die fixierte Marke am Wasserstandsglase erreicht hatte, so begannen die Versuche 2 Uhr 36 Minuten nachmittags bei offenen Sicherheitsventilen und halb geöffnetem Rauchschieber, und wurde von diesem Momente an jeder Kessel mit der für ihn abgewogenen Kohle geheizt.

Nimmt man als Basis für die Leistung der drei beobachtenden Kessel den Kessel Nr. 3, welcher per 1 Kilo Kohle und Stunde das geringste Wasser-

quantum verdampft hat, so beträgt die Mehrleistung des Kessels Nr. 1 um 0,06 Kilo = 0,92 %, diejenige des Kessels Nr. 4 um 0,25 Kilo = 3,58 %.

Die Überlegenheit des Kessels Nr. 4 ist jedoch nur eine scheinbare, und sprechen hierfür zweierlei Gründe. Wenn man berücksichtigt, daß die Bleche dieses Kessels um 2 Millimeter schwächer sind, als die der beiden anderen, somit die Transmission der Wärme leichter und schneller stattfindet, so ist dies ein Vorteil, der auf Kosten der Kesselkonstruktion, nicht aber auf die Leistungsfähigkeit der Zugführung über den Dampfraum zu setzen ist; ferner ist in Betracht zu ziehen, das eine gründliche Reinigung der Kessel bei der durchgeführten Konstruktion auf mechanischem Wege nicht möglich ist, aus welchem Umstande nicht unberechtigte Schlußfolgerungen gezogen werden können, daß, nachdem Kessel Nr. 4 erst die zweite Kampagne im Betrieb gewesen, dagegen die beiden anderen eine viel längere Betriebsdauer aufzuweisen haben, die letzteren bedeutend mehr inkrustiert sind als die ersteren.

Tabelle XXVII.

Kessel Nr.	Kessel: Durchmesser in Meter.	Kessel: Länge in Meter.	Kessel: Blechstärke Milli-M.	Heizrohre: Anzahl	Heizrohre: Lichte Durchmesser Millimeter.	Heizrohre: Länge in Meter.	Heizrohre: Blechstärke Milli-M.	Heizfläche in Q.-Mét.	Rostfläche in Q.-Meter.	Dauer des Versuches Std. u. Min.
1	1,58	3,16	13	58	72	3,16	3,3	51,4	2,097	3 21
3	1,58	3,16	13	80	72	3,16	3,3	64,6	2,097	3 49
4	1,66	3,16	11	80	72	3,16	3,3	67,6	2,56	3 36

Kessel Nummer.	Verdampft wurde während der Dauer des Versuches: Wasser in Kub.-M.	Wasser in Kilo.	ein Q.-Met. Rostfläche in Kilo.	ein Q.-Met. Heizfläche in Kilo.	per Stunde verdampfte: ein Q.-Met. Rostfläche in Kilo.	ein Q.-Met. Heizfläche in Kilo.	1 Kilo Kohle Wasser in Kilo.	Kohlen verbrannt während der Versuchsdauer in Kilo.	Per einer Stunde wurden an Kohlen verbrannt in Kilo.
1	3,277	3277	1562,7	63,7	466,4	19,0	6,55	500	149,25
3	3,247	3247	1548,4	50,2	407,4	13,2	6,49	500	131,57
4	3,370	3370	1316,4	49,8	365,6	13,8	6,74	500	138,88

Als Brennmaterial wird verwendet Steinkohle: Gattung.	trocken oder feucht.	Aschenrückstände im Aschenraum: Während der Versuchsdauer in Kilo.	In Prozenten.	Prozent pro 100 Kilo Kohle.	Temperatur: Im Heizraum °C.	vor dem Rauchschieber °C.	Differenz.
Kleinkohle	lufttrocken	62,00	12,4	2,48	450	175	270
dit.	dit.	66,00	13,2	2,64	543,75	193,75	350
dit.	dit.	69,50	13,9	2,78	487,5	175	312,5

Mit Rücksicht auf diese Begründung ist der Wert des Oberzuges ein sehr minimaler, dagegen sind die Nachteile, welche diesem Einmauerungssystem anhaften, wohl in Erwägung zu ziehen. Außer den Mehrkosten an Ver-

ankerung und Mauerwerk, muß der durch die Erfahrung wiederholt beobachteten Erscheinung gedacht werden, daß Bleche, die von den heißen Gasen bestrichen, jedoch auf der inneren Seite von Wasser nicht benetzt werden, bald zu Grunde gehen und ein brüchiges Gefüge zeigen.

Die Versuche wurden bei halb geöffnetem Rauchschieber durchgeführt und veranschaulichen nicht das richtige Bild während des Betriebes in der Kampagne, wo das Feuer ein viel stärkeres sein muß, um den erforderlichen Dampf zu erzeugen, es werden deshalb auch die Gase mit einer höheren Temperatur in die Esse abziehen, als während der Versuchsdauer.

Untersuchung des Dampfverbrauches in einer Baumwollgarnbleicherei.*)

Von Inspektor Ebenberger.

Die Untersuchung hatte den Zweck, die zur Bleichung eines bestimmten Garnquantums erforderliche Dampfmenge möglichst genau zu ermitteln und die Resultate dieser Ermittelung mit der Produktionsfähigkeit des vorhandenen Dampfkessels in Einklang zu bringen.

Schon seit längerer Zeit konnte der bestehende Dampfkessel nur mit Mühe und nur dadurch den zum Fertigmachen von 240 Bündeln Garn (die bisherige Maximalleistung pro Tag) nötigen Dampf liefere, daß man die sonst gleichzeitig durchzuführenden Arbeiten in der Bleicherei abwechselnd erledigte. Es mußte daher die Aufstellung eines neuen Kessels in Betracht gezogen werden.

Zu einer annähernd richtigen Ermittelung der für denselben nötigen Heizfläche fehlten jedoch vorläufig alle Anhaltungspunkte. Aus dem bisherigen Kohlenverbrauch konnte man nur erkennen, daß der Kessel unbedingt forciert wurde, überdies der Raum, in welchem der neue Kessel zur Aufstellung gelangen sollte, beschränkt und daher eine Willkür bezüglich der Größe von vornherein ausgeschlossen war.

Es wurde infolge dessen beschlossen, einen Verdampfungsversuch durchzuführen, welcher sich auf das in der Arbeitszeit an dem Versuchstage zu bleibende Garnquantum erstrecken sollte und während dieser Zeit die Menge des verdampften Wassers, der gleichzeitig verbrannten Kohle, die Zeit der verschiedenen Arbeitsprozesse und die während derselben herrschenden Spannung und Temperaturen an und in diversen Apparaten und Maschinen zu ermitteln, um zuerst für den neu zu bestellenden Kessel, sowie für einen vielleicht in späterer Zeit auszuführenden Versuch die nötigen Daten zur Vergleichung zu erlangen. Von Heizgasanalysen und deren Temperaturermittelung mußte abgesehen werden, weil die Zeit sehr drängte und zu den entsprechenden Vorbereitungen nicht mehr ausreichte. Der bestehende Kessel ist dem Systeme nach ein Flammrohrkessel mit einem Flammrohr und hat folgende Dimensionen:

Mantel Durchmesser	1,4	Länge	3,8	Meter
Flammrohr Durchmesser . . .	0,71	„	3,8	„
Dampfsammler Durchmesser . .	0,79	„	5,45	„
Vorwärmer Durchmesser . . .	0,55	„	2,85	„

eine Heizfläche von 17 Quadratmeter und eine Rostfläche von 0,85 Quadratmeter.

*) Zeitschrift Nr. 9, 1879 der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. Wien.

Der im Kessel erzeugte Dampf dient:

1) Zum Betriebe einer nominell 7 pferd. horizontalen Volldruckmaschine (samt Speisepumpe), welche mittelst Transmissionen betreibt:
   a) eine Pumpe (stets im Betriebe), welche Wasser aus dem Brunnen in das im ersten Stockwerk befindliche Reservoir zu schaffen hat,
   b) die Bewegungsmechanismen des Trockenapparates und den zu letzterem gehörigen Ventilator,
   c) einen Aufzug,
   d) eine Luftpumpe,
   e) einen Hydroextrakteur,
   f) eine Waschmaschine.
2) Zum Anwärmer der Lauge für die zwei Kochkessel in den zugehörigen Zisternen.
3) Zum Auskochen des Garnes in den beiden Kochkesseln, jeder mit einem Fassungsraum für 60 Bündel.
4) Zum Anwärmen der „Säure" für die Bleichkessel in den zugehörigen Zisternen.
5) Zum Anwärmen der „Blauflüssigkeit" in dem zugehörigen Blautroge.
6) Zum Dämpfen von Garn in einem außerhalb der Lokalität stehenden hölzernen Kasten.
7) Zum Betriebe des Injektors.

Die Dampfleitung, welche Dampf in diese Apparate führte, hat eine Gesamtlänge von 125,5 Meter, davon liegen 82,5 Meter in dem Trockenapparate, die übrigen 43 Meter befinden sich ohne jedwede Umhüllung in den übrigen Fabrikräumen, schon stellenweise stark vom Roste zerfressen und hat die Leitung sowohl undichte Wechsel als Flantschen. Nicht umhüllt waren ferner auch die beiden Kochkessel, so daß die ganze für die Dampfverwendung schädliche Oberfläche 24 Quadratmeter beträgt, von denen auf die beiden Kochkessel allein 16 Quadratmeter entfallen. Der Trockenapparat besitzt 26 Quadratmeter für die Dampfverwendung nützliche Oberfläche, also nur um 2 Quadratmeter mehr als als die gesamte schädliche.

Weiter ist noch zu erwähnen, daß der Auspuffdampf der Maschine auf drei Wegen ins Freie gelangen kann.

1) Durch die Dampfleitung des Trockenapparates,
2) durch eine Rohrleitung, welche durch das Reservoir führt und
3) direkt ins Freie.

Die Vorbereitungen zu dem Versuche waren folgende:

Zum Messen des Wassers wurden zwei hölzerne Kästen mit einem Kubikinhalt von je 1,14 Kubikmeter aufgestellt, jeder auf 1 Kubikmeter geaicht und auf einer an der Innenseite befestigten Latte die Höhe von je 100 Liter ersichtlich gemacht.

Die Temperatur des Wassers war beim Aichen von jener während des Versuches nur wenig verschieden, sie betrug durchschnittlich 15° C.

Sechs Tage vor dem Versuchstage wurden von den im Freien befindlichen, gegen die Witterungseinflüsse gar nicht geschützten Kohlenhaufen 1200 Kilo abgewogen und in einem gedeckten, geschlossenen und ziemlich trockenem Raum aufbewahrt. Der Gewichtsverlust durch Verdunsten eines Teiles der Feuchtigkeit betrug bis zum Versuchstage 39,5 Kilo also 3,3%.

Weiter wurden die diversen in Verwendung kommenden Manometer auf ein gemeinsames Rohr aufgeschraubt und mittelst Wasserdruck deren Zeiger-

angaben bis auf 4 Atm. konzessionierte Spannung des Kessels kontrolliert; ebenso wurden die zur Verwendung gelangenden Thermometer einer Vergleichung unterzogen.

Die Verteilung der Manometer war folgende: einer am Kessel, zwei an der Dampfmaschine, einer am Einströmungs-, der andere am Ausströmungsrohre; ferner je einer an einem Kochkessel und der letzte am Kondensationswasserableiter des Trockenapparates.

Die Thermometer wurden placiert: einer im Freien, der zweite im Bleichkessel, der dritte im Trockenapparate, der vierte abwechselnd in den beiden Speisewasserbehältern.

Um nun während des Versuches für die vorkommenden einzelnen Perioden annähernd richtige Daten zu erlangen, wurde bezüglich der notwendigen Beobachtungen die Anordnung getroffen, daß eine Person die Füllung der einzelnen Reservoirs, sowie die abwechselnde Schließung und Öffnung zu besorgen und gleichzeitig nach Abfluß von je 100 Liter die Zeit, sowie die Temperatur des Wassers zu notieren hatte.

Eine zweite Person hatte ihren Standort im Kessellokale, notierte dort die Manometerangaben von $^1/_5$—$^1/_5$ Atm. in bezug auf die Zeit, sodann die Art der Speisung, ob mit Speisepumpe oder Injektor und die Dauer derselben, die Zahl der Rostbeschickungen und des Schürens und endlich den Brennmaterialverbrauch, und zwar in der Weise, daß stets die Zeit bezeichnet wurde, wann 200 Kilo Kohle verbrannt, d. h. wann von den nächsten 200 Kilo die erste Beschickung erfolgte.

Eine dritte Person hatte die Überwachung des Bleichprozesses zu führen und bei demselben die Zeitangaben, die einzelnen Perioden, sowie mindestens alle 15 Minuten Ablesungen an den Mano- und Thermometer zu machen.

Der ganze Verlauf des Versuches ist aus der graphischen Darstellung Figur 50 deutlich zu ersehen und möge nur Folgendes noch zur näheren Erklärung dienen: der Versuchstag war ein Montag, der Kessel seit Samstag außer Betrieb, die Spannung in demselben bei Beginn = 0, das erste Anheizen geschah mit Wollabfällen und Holz.

Um 5 Uhr 23 Minuten fand die erste Beschickung des Rostes mit Kohlen statt.

Um 6 Uhr wurde die Dampfmaschine in Betrieb gesetzt und gleichzeitig mit derselben auch die Speisepumpe, Transmissions- und die Luftpumpe.

Nach 10 Minuten wurde erstere auf kurze Zeit wieder abgestellt, da die Verbindung des Manometers mit dem Einströmungsrohr schlecht abgedichtet war.

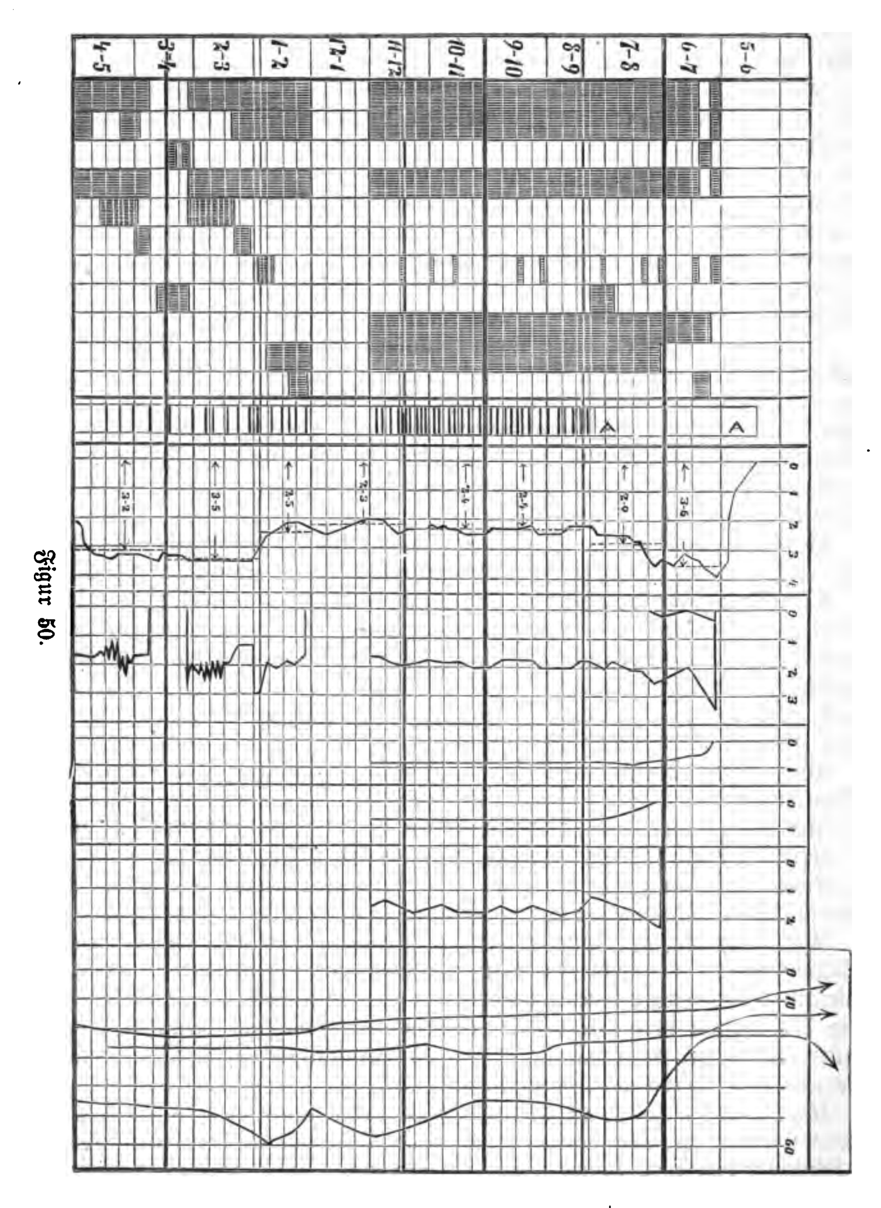
Die Instandsetzung dauerte zirka 12 Minuten und war dies die einzige Störung; welche während der ganzen Dauer des Versuches sich ereignete. Während dieses Stillstandes arbeitete der Injektor und wurde auch gleichzeitig der Dampf in die Kochkessel eingelassen, sowie die „Säure" für den rechten Bleichkessel vorgewärmt. Beim Wiederanlassen der Maschine begann gleichzeitig die Arbeit des Hydroextrateurs.

Um 7 Uhr 3 Minuten wurde der Trockenapparat in Thätigkeit gesetzt. Bis zu dieser Zeit ging behufs Vorwärmen des letzteren der Auspuffdampf der Maschine durch die Rohrleitung desselben und nur in dieser Periode konnte in der Maschine eine Gegendruck konstatiert werden, in der ganzen übrigen Zeit stand dagegen der Zeiger des Manometers auf dem Ausströmungsrohr bei 0.

Leider war zu Beginn des Versuches bei allen daran Beteiligten noch

nicht die richtige Auffassung vorhanden und existierten aus dieser Zeit nur zwei Aufschreibungen:

6 Uhr 5 Minuten ½ Atm. Gegendruck,
6 Uhr 35 Minuten $^1/_{10}$ Atm. Gegendruck.



Figur 50.

Von 7 bis 12 Uhr waren Maschine samt Speise- und Transmissionspumpe, die beiden Kochkessel und der Trockenapparat unausgesetzt in Thätigkeit;

die Luftpumpe ab und zu; der Hydroextrakteur nur zu Beginn und die Dampferei auf zirka 26 Minuten.

Um 12 Uhr wurden sämtliche Dampfleitungen abgesperrt.

Nachmittags ging größtenteils nur Maschine, Speise- und Transmissionspumpe; in der ersten Stunde überdies der Trockenapparat und ziemlich gleichzeitig geschah das „Säureanwärmen" für den linken Bleichkessel. Sodann wurde die Luftpumpe in Gang gesetzt, um die angewärmte Säure mehrere Mal in den Bleichkessel zu heben. Nun folgte die Waschmaschine und auf diese der Hydroextrakteur, gleichzeitig wurde die Speisepumpe abgestellt, indem sie mehr als nötig Wasser lieferte und der bis dahin unverändert gebliebene Wasserstand im Kessel sich erhöhte.

Um 3 Uhr 6 Minuten wurde letzterer wieder normal, d. h. er befand sich auf dem markierten Stande; die Maschine wurde abgestellt, Injektor und Dampferei in Thätigkeit gesetzt. Ersterer speiste in je zwei kurzen Intervallen von je 6 Minuten und speiste beim zweiten Male den Kessel wieder etwas über den normalen Stand.

Um 3 Uhr 44 Minuten wurde die Dampfmaschine sowie die Transmissionspumpe und gleichzeitig die Waschmaschine und der Hydroextrakteur wieder in Betrieb gesetzt. Die Speisepumpe kam in dieser Zeit und bis zum Schlusse nur noch zweimal in Betrieb, das letzte Mal blos, um den unter die normale Höhe gesunkenen Wasserstand wieder auf dieselbe zu bringen.

Bezüglich der Leistung der einzelnen Maschinen und Apparate in dieser Zeit, sowie der einzelnen Prozesse und Operationen mag folgendes gesagt sein:

1) Dampfmaschine. Der Zylinder besitzt einen Durchmesser von 0,185 Meter, Hub 0,355 und macht die Maschine in der Minute 120 Touren

Nach Inbetriebsetzung des Trockenapparates arbeitete dieselbe bei vollständig geöffnetem Dampfventil durchschnittlich mit einer Hinterdampfspannung von 2,8—2,1 Atm. Überdruck und leistete in dieser Zeit bei der normalen Tourenzahl von 120 in der Minute 5 bis 7 Pferdekr. Wurde jedoch der Hydroextrakteur angehängt oder gar noch die Luftpumpe, so sank die Tourenzahl auf 80, ja auch auf 50 pro Minute herab.

Nachmittags, nach Abstellung des Trockenapparates, als die Spannung im Kessel und somit auch jene in der Maschine wieder stieg, hatte während des Gebrauches des Hydroextrakteurs stets ein Mann zu thun, um durch Regulierung am Dampfventil die normale Tourenzahl zu erhalten. Aus dem Dampfmaschinenspannungs-Diagramm, welches in Figur 50 ersichtlich ist, sind in der Periode des Hydroextrakteur-Betriebes die Schwankungen zu ersehen.

2) Der Hydroextrakteur war des Tages über dreimal in Thätigkeit, vormittags gleich bei Beginn auf die Dauer von 95 Minuten und erledigte in dieser Zeit die einem Bleichkessel entnommenen 60 Bündel. Nachmittags zweimal, durchschnittlich auf die Dauer von je 42 Minuten, wobei jedesmal von 60 den beiden Kochkesseln entnommenen und auf der Waschmaschine gewaschenen Bündeln ein Teil des anhaftenden Wassers entfernt wurde.

3) Die Waschmaschine verarbeitete nachmittags das dem Hydroextrakteur entsprechende Quantum und kam hierbei zweimal in Aktion, wobei sie je 60 Bündel in 12—15 Minuten wusch.

4) Die Luftpumpe. Vor Inbetriebsetzung des Trockenapparates konnte mit derselben noch ein Vakuum von 17" Quecksilbersäule erreicht werden, nach Inbetriebsetzung desselben jedoch nur ein solches von 8, höchstens 9", ebenso nachmittags, solange dieser Apparat im Gang war. Nach dessen Ausschaltung

hingegen, und zwar erst dann, nachdem die Dampfmaschine bei normalem Gange von 120 Touren pro Minute eine Hinterdampfspannung von 3 Atm. erlangte, arbeitete die Luftpumpe mit einem Vakuum von 18—20". Die Maschine leistete in dieser Zeit ungefähr 10 Pferdekräfte, es verlangt demnach die Luftpumpe, um ein Vakuum von 18—20" zu erzeugen 3½—4 Pferdekräfte.

5) Säureanwärmer. Dieser Vorgang ereignete sich des Tages über zweimal, vormittags und nachmittags. Am Nachmittage betrug die anzuwärmende Säureflüssigkeit ungefähr einen Kubikmeter, hatte eine anfängliche Temperatur von 20° C. und erhielt innerhalb 21 Minuten durch Einleitung von Dampf eine solche von 51° C.

6) Dämpferei. Diese kam zweimal in Verwendung. Jede Periode dauerte durchschnittlich 28 Minuten und wurde in jeder derselben 75 Kilo Garn der Dämpfung unterzogen.

7) Die Kochkessel. In jedem derselben waren 60, also zusammen 120 Bündel Garn eingelagert, die durch 5 Stunden 47 Minuten dem Kochen ausgesetzt wurden. Während dieser Zeit wechselte die Dampfspannung in dem linken Kessel zwischen 0,78—0,8 Atm. und im rechten zwischen 0,6—0,67 Atm. Obwohl nach Angabe des Bleichmeisters in die beiden Kochkessel der Dampf zugleich eingelassen wurde, so war im rechten doch erst nach Verlauf von ungefähr 5/4 Stunden eine Spannung sichtbar. Diese Spannungsdifferenz dürfte bei den neben einander stehenden Kochkesseln in dem ungleichen Dichtschließen der Sicherheitsventile zu suchen sein.

8) Der Trockenapparat. Dieser dürfte wohl von dem erzeugten Dampfe den größten Teil beanspruchen. Die Dauer der Arbeit war um 5 Uhr 45 Minuten zu Ende und wurden während dieser Zeit auf mechanischem Wege 60 Bündel hindurchgeführt und vollständig getrocknet.

In dieser Zeit betrugen die einzelnen Mittel aus den Temperaturen (siehe Figur 50 Temperaturdiagramm) 46,5°, 47°, 49°, 56° und man erkennt aus diesen Mittelwerten den Eintritt, das Fortschreiten und den Austritt des bezeichneten Garnquantums in den Trockenapparat. Bei Inbetriebsetzung desselben sank die Spannung im Kessel trotz des öfteren Beschickens von einem durchschnittlichen Betrag von 3,6 Atm. bis auf 2,4 und 2,3 Atm. herab, während am Ende der diesem Apparat zugehörigen Dampfleitung im Kondensationswasserableiter die Spannung durchschnittlich 1,7 Atm. betrug.

Temperatur im Freien betrug um 5 Uhr früh 9½° C., hingegen um 3 Uhr 45 Minuten nachmittags das Maximum von 24° C.

Nachdem im Vorausgeschickten die Einzelheiten des Versuches angeführt, sollen nun die Resultate in bezug auf die beiden Hauptmomente, resp. Hauptfragen, um die es sich handelte, näher in Betracht gezogen werden.

In Figur 50 ist die ganze Zeit von 5 Uhr früh bis 5 Uhr nachmittags in 6 Abteilungen dargestellt und zwar bezeichnet jede Abteilung die Zeit, in welcher ein bestimmtes Kohlenquantum als verbrannt betrachtet wurde, d. h. von dem Nachfolgenden die erste Beschickung stattfand. Das Kohlenquantum besteht in den ersten fünf Abteilungen aus je 200 Kilo, in der sechsten aus 59,5 Kilo Grimbacher Kohle. Wir betrachten hierbei die von den ersten 200 Kilo auf dem Roste zurückgebliebene Kohlenschicht, auf welcher die erste Beschickung von den zweiten 200 Kilo erfolgte, als eine konstante durch die ganze Versuchszeit, über welche alle nachfolgenden Beschickungen hinwegbrennen und könnte ein grober Fehler in dieser Anschauung nur für die erste Ab-

teilung nachgewiesen werden; diese bleibt aber für die Beurteilung ohnedies außer Spiel, bei allen übrigen ist der etwaige Fehler umsomehr belanglos, als es sich nicht um den genauen Verdampfungswert der Kohle, sondern, wie oben erwähnt, um die möglichste genaue Ermittelung der Art des Betriebes und für die Bleichung eines bestimmten Garnquantums nötigen Dampfmenge handelt.

Der Kessel macht während der Versuchsdauer alle Arten des Betriebes durch (d. h. „mäßig geschont" bis „stark angestrengt"). Ein Bild für „mäßig geschont" bildet die Abteilung VI; dort verdampft 1 Kilo Kohle sein 7,2 faches Gewicht oder 1 Quadratmeter Heizfläche 16,4 Kilo Wasser pro Stunde und auf dem Roste verbrennt pro Quadratmeter Rostfläche in der Stunde 45 Kilo Kohlen.

„Stark angestrengt" ist der Kessel in den Perioden II, III und IV, überhaupt während die Kochkessel, namentlich der Trockenapparat, in Betrieb sind. Hier verdampft 1 Kilo blos sein 4,25—4,5 faches Gewicht, 1 Quadratmeter Heizfläche per Stunde 32—38 Kilo Wasser, dafür müssen aber auf dem Roste pro Quadratmeter Rostfläche 144 bis 179 Kilo derselben Kohle verbrannt werden. Das eben gesagte läßt sich auch in folgender Weise ausdrücken. Während man in Abteilung IV bei dem alten Kessel zur Erzeugung von 646 Kilo Dampf (von dem mit übergerissenen Wasser ist ganz abgesehen) gleichzeitig auf dem Roste 152 Kilo Kohle verbrennt, könnte ein Kessel mit der Abteilung VI entsprechenden Verhältnissen dasselbe Quantum Dampf erzeugen. Der Kessel wird also in der Periode, wo Kochkessel und Trockenapparat in Thätigkeit sind, stark forciert; sein Betrieb ist unrationell und hiermit ist die erste Frage über die Art des Betriebes entschieden.

Die Antwort auf die zweite Frage, betreffend die zur vollständigen Fertigmachung eines bestimmten Garnquantums nötige Dampfmenge, läßt sich aus den Resultaten nicht direkt entnehmen, weil die einzelnen hierzu nötigen Prozesse und Arbeiten nicht so durchgeführt werden konnten, daß man von einer vollständigen Erledigung eines bestimmten Garnquantums sprechen könnte. Beispielsweise wurden in der Zeit von 6 Uhr 10 Minuten bis 1 Uhr 45 Minuten, d. h. in 6 Stunden 35 Minuten:

1) In den Kochkesseln 120 Bündel vollständig gekocht.
2) In einem Blechkessel 60 Bündel vollständig gebleicht.
3) Im Hydroextrakteur 60 Bündel gebleichtes Garn von dem größten Teil des anhaftenden Wassers befreit.
4) In der Trocknerei 60 Bündel vollständig getrocknet und
5) In der Dampferei 75 Kilo gedämpft (dieser Vorgang kommt nur ab und zu vor und hat auf den Gang des Bleichprozesses gar keinen Einfluß).

Wird nun der zu verwendende Dampf mit einer entsprechenden Spannung mindestens 4 Atm. in einem mit genügender und guter Heizfläche versehenen und rationell konstruierten Kessel erzeugt, durch eingehüllte Rohrleitungen zu den einzelnen ebenfalls gut verwahrten Apparaten geführt und dort in einer höheren Spannung als der bisherigen in Verwendung gebracht, wird ferner die Trocknerei Verbesserungen unterworfen, so ist hierdurch unbedingt eine Verkürzung der Arbeitszeit der einzelnen Apparate und damit eine raschere Aufeinanderfolge der einzelnen Prozesse und Vorgänge zu erreichen. Wird gleichzeitig die entsprechende Einrichtung getroffen, daß der Dampf an keinem Orte mit einer höheren Spannung als der für nützlich erkannten arbeitet,

ja überhaupt jede Dampfverschwendung vermieden, so dürfte es wohl nicht zu viel gesagt sein, wenn behauptet wird, daß bei demselben stündlichen Dampfverbrauche von 600 Kilo in der oben genannten Zeit die doppelte Leistung, also mindestens 120 Bündel vollständig fertig gemacht werden könnten.

Um nun den oben gesagten Anforderungen gerecht werden zu können, wurde auf Grund des Versuches nach genauer Berechnung, wozu die in der Gruppe VI angegebenen Daten dienten, von der Firma ein Zweiflammrohrkessel mit folgenden Dimensionen bestellt:

Mantel-Durchmesser . . . 1,8 Meter, Länge 5 Meter,
Flammrohr-Durchmesser . . 0,6 Meter, Länge 5 Meter.

Zur näheren Erklärung der Figur mag Folgendes dienen:

Dieselbe ist, wie aus dem ersten Anblick zu ersehen, in sechs Hauptkolumnen, die in sich selbst wieder Unterabteilungen enthalten, geteilt, und zwar enthält:

Die erste mit der Überschrift „Zeit" die Angabe der Versuchsdauer, sowohl in einzelnen Stunden und Viertelstunden, als auch durch doppelte Querstriche in Teile zerlegt, deren jeder angiebt, wann ein bestimmtes Kohlenquantum (200 Kilo) als verbrannt angesehen werden konnte. Die erstgenannte Einteilung der Zeit in Stunden reicht nur bis zur sechsten Hauptkolumne, während die Teilung der Zeitdauer, in Bezug auf das verbrannte Kohlenquantum, sich durch sämtliche sechs Hauptkolumnen durchzieht.

Die zweite mit der Überschrift „In Betrieb befindliche Maschinen und Apparate" enthält in Unterabteilungen diese Maschinen und Apparate aufgezählt und da die Querteilung der Zeitdauer in Stunden die sämtlichen Kolumnen durchschneidet, so ist man hierdurch in den Stand gesetzt, in die so sich bildenden kleineren Felder einzeichnen zu können, um welche Zeit in Betrieb oder außer Betrieb gesetzt wurde; der Raum zwischen beiden Einzeichnungen giebt dann die Zeit an, wie lange die eine oder andere Maschine kontinuierlich im Betriebe war und ist erstere auf der Tabelle durch Schraffierung noch deutlicher ersichtlich gemacht. Es geben daher die schraffierten Flächen der zweiten Hauptkolumne ein Bild der Zeit, während welcher mit durch Dampf betriebene Maschinen und Apparate gearbeitet wurde.

Die dritte mit der Überschrift „Anzahl der Beschickungen und Schüren des Rostes" stellt in stärkeren Strichen die einzelnen Beschickungen des Rostes dar. Durch die Querteilung der Zeit in Stunden ist man in die Lage versetzt zu ersehen, wieviel solche Beschickungen auf eine Stunde entfielen, in welcher dies geschah, und welche Maschinen und Apparate sich zu dieser Zeit in Thätigkeit befanden. Die zweite Zeitteilung in bezug auf ein bestimmtes Kohlenquantum hingegen giebt an, wieviel Beschickungen von diesem bestimmten Quantum gemacht wurden.

Die vierte mit der Überschrift „Spannung in Atm. Überdruck" enthält in Unterabteilungen Spannungsdiagramme von Kessel, Maschine, Kochkessel und Kondensationswasserableiter des Trockenapparates. Aus diesen Spannungsdiagrammen kann durch die mit 0, 1, 2 u. s. w. bezeichneten Unterabteilungen entnommen werden, welche Höhe die Spannung erreichte und durch die Einteilung der Zeit in Stunden, in welcher Zeit dies geschah, ferner durch Vergleich mit der ersten Hauptkolumne, welche Maschinen und Apparate in dieser Zeit thätig waren, sowie durch die dritte Hauptkolumne, wie viel Kohlen verbraucht wurden, während der Spannung, wieviel Kohlen verbraucht wurden,

während die Spannung fiel oder stieg. Durch die Einteilung der Zeit in bezug auf das verbrannte bestimmte Kohlenquantum, ist aus den Diagrammen zu entnehmen, wie schnell das fixierte Kohlenquantum verbrannt werden mußte, um entweder die Spannung im Kessel und Maschine zu erhalten oder zu erhöhen.

Die fünfte mit der Überschrift „Temperatur in Celsius-Graden" giebt in Unterabteilungen von 10 zu 10° C. mit zwischen dieselben eingezeichneten Linien die Temperaturen an, welche während des Versuches im Freien, im Bleichkessel und im Trockenapparate beobachtet wurden. Durch Teilung der Zeit in Stunden entnimmt man aus der ersten Kolumne: zu welcher Stunde die Temperatur eintrat, aus der zweiten: wann sich der Trockenapparat im Betrieb befand, und mit welchen anderen Maschinen zugleich; aus der vierten, welchen Einfluß die Kesselspannung auf die Temperatur im Trockenapparate hatte.

Die sechste Hauptkolumne endlich, mit „Resultate" überschrieben, birgt in sich die aus den anderen fünf Hauptkolumnen geschöpften Daten. Dieselbe ist in zwei Abteilungen gebracht, wovon die erste mit „Direkte" die zweite mit „Reduzierte" überschrieben ist. Unter direkten Resultaten sind jene zu verstehen, welche sich durch Messungen beim Versuch ergaben, während die reduzierten aus den direkten berechnet wurden. Durch die Unterabteilungen und Einteilung der Zeit in bezug auf den Kohlenverbrauch ist zu ersehen, wie viele Kohlenzeiteinheiten nötig wären, wie viele Kilo Wasser in jeder der einzelnen verdampft wurden und wie viele Kilo Wasser 1 Kilo Kohle in einer von den Perioden verdampft, ferner wieviel Wasser pro Stunde und pro Quadratmeter Heizfläche, ebenso wieviel Kilo Kohle pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche, sowie pro Quadratmeter Rostfläche in den verschiedenen Zeitabschnitten verbraucht wurden. Ein Vergleich mit der zweiten Hauptkolumne giebt an, welche Maschinen und Apparate sich in irgend einer der Zeitperioden in Betrieb befanden, welchen Einfluß dieselben auf das verbrauchte Wasser- und Kohlenquantum nahmen; ein solcher mit der vierten Hauptkolumne zeigt, welchen Einfluß die verdampfte Wasser- und verbrannte Kohlenmenge auf die Spannung im Kessel, diese wieder auf Maschine, Kochkessel und Trockenapparat hatte.

Es giebt somit die Figur 50 ein graphisches Bild von dem Betriebe einer Bleicherei, insbesondere aber von deren Dampfverbrauch für ein bestimmtes im Obigen näher bezeichnetes Garnquantum.

Untersuchungsresultate der Dampfkessel-Feuerungen in einer Papierfabrik in Niederösterreich.*)

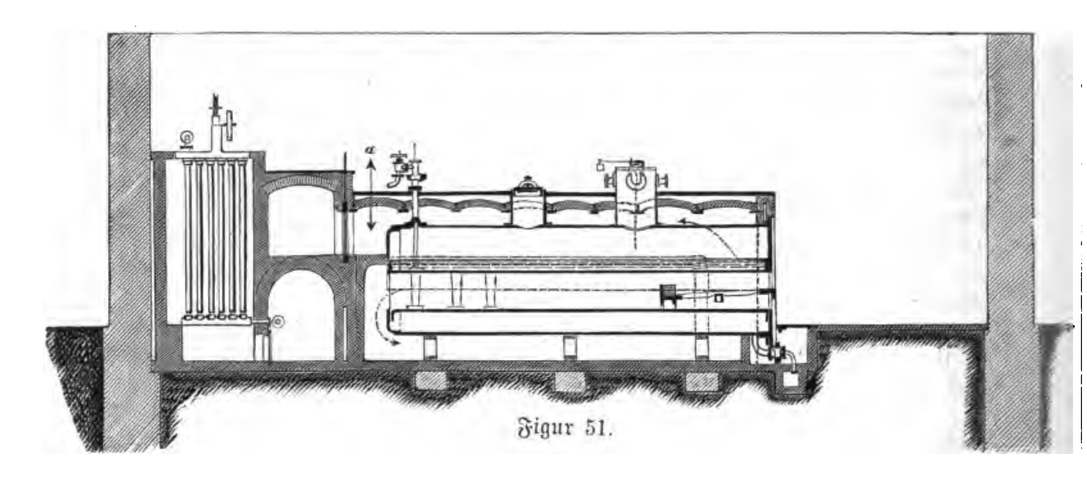
Zur besseren Übersicht ist in den Figuren 51 und 52 diese Kesselanlage dargestellt.

Die 4 Kessel, Zweiflammrohrkessel mit Innenfeuerung, sind gleich konstruiert, nur ihre Länge ist des Ekonomisers wegen verschieden.

Die Heizfläche der beiden kürzeren Kessel beträgt je 55 Quadratmeter und die der beiden längeren je 68 Quadratmeter.

*) Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. in Wien. Nr. 9. 1880.

Die Feuerzüge sind in folgender Weise angeordnet. Der erste Zug geht durch die Flammrohre und biegt an der Rückseite des Kessels nach abwärts.



Figur 51.

Figur 52.

Der zweite Zug geht unter dem Kessel nach vorn und steigt hier auf indem er als dritter Zug endlich den Dampfraum bis an das rückwärtige Ende des Kessels umgiebt und alsdann in den gemeinsamen Rauchkanal mündet.

Jeder Kessel ist durch einen separaten Rauchschieber abstellbar, der mit einer vom Heizerstande aus regulierbaren Vorrichtung in Verbindung steht, welche das Öffnen der Heizthüre nur dann gestattet, wenn vorerst der Schieber geschlossen wurde.

Der in der Erweiterung des Rauchkanals angebrachte Green'sche Ekonomiser besteht aus 96 Röhren (zirka 3 Meter lang und 100 Millimeter im Durchmesser) und kann im Falle von Betriebsstörungen durch Schieber ausgeschalten werden.

Zur Zeit der Untersuchung waren drei Kessel im Betriebe, von den beiden kürzeren war der linksliegende abgestellt.

Zur Heizung diente Ostrauer Nußkohle. Die zur Feuerung strömende Luft hatte eine Temperatur von 25° C. und einen Feuchtigkeitsgehalt von 1,8 Volumprozent.

Die Gase wurden bei den Bohröffnungen a^1, a^2 und a^3, ferner bei b und c für die Analysen entnommen und zwar wurde für jede derselben eine Durchschnittsprobe verwendet, welche durch einstündige Aspiration gewonnen war. Bei denselben Bohröffnungen wurden auch die Temperatur-Messungen mit Hilfe eines Quecksilber-Wasserstoff-Thermometers vorgenommen. Im Laufe einer Stunde wurden sechs Thermometer-Ablesungen gemacht und daraus das Mittel genommen.

Die Resultate waren folgende (Tabelle XXVIII):

Tabelle XXVIII.

Kessel.	Mittlere volumprozent. Zusammensetzung des trockenen Rauchgases.	Bei der Verbrennung von 1 Kilo Kohle entwichen Kilo:	Entführte Wärme in Kolorien:	Wärmeverluste*) ausgedrückt in Prozenten der verbrauchten Kohle.
Kurzer Kessel. Temperatur der abziehenden Gase 328° C.	Kohlenoxyd . . . 0,00	—	—	1) Durch unvollständige Verbrennung 0,0. 2) Durch Entweichen d. heißen Gase 36,7.
	Kohlensäure . . . 5,87	2,77	196,2	
	Atmosphär. Luft 69,13	23,01	1768,6	
	Stickstoff 25,00	8,10	648,3	
	Wasserdampf . . —	0,72	112,2	
	Summa	34,60	2725,3	
	Durch die Luft zugeführt		203,4	
	Demnach Verlust		2521,9	
Langer Kessel links. Temperatur der abziehenden Gase 372° C.	Kohlenoxyd . . . 0,00	—	—	1) Durch unvollständige Verbrennung 0,0. 2) Durch Entweichen der heißen Gase 43,7.
	Kohlensäure . . . 5,30	2,77	218,5	
	Atmosphär. Luft 72,20	24,82	2183,6	
	Stickstoff 22,50	7,51	680,8	
	Wasserdampf . . —	0,74	130,9	
	Summa	35,84	3213,8	
	Durch die Luft zugeführt		213,2	
	Demnach Verlust		3000,6	

*) Der Wärmeverlust durch Flugruß, Kohlenentgang in den Aschenfall, Leitung und Strahlung, sowie das durch den Dampf mit übergerissene Wasser wurden nicht bestimmt.

Kessel.	Mittlere volumprozent. Zusammensetzung des trockenen Rauchgases.		Bei der Verbrennung von 1 Kilo Kohle entwichen Kilo:	Entführte Wärme in Kalorien:	Wärmeverluste ausgedrückt in Prozenten der verbrauchten Kohle.
Langer Kessel rechts. Temperatur der abziehenden Gase 323° C.	Kohlenoxyd ...	0,00	—	—	1) Durch unvollständige Verbrennung 0,0. 2) Durch Entweichen der heißen Gase 28,3.
	Kohlensäure ...	7,10	2,77	190,6	
	Atmosphär. Luft	63,80	16,34	1250,0	
	Stickstoff	29,10	7,24	571,7	
	Wasserdampf ..	—	0,55	84,3	
		Summa	26,90	2096,6	
	Durch die Luft zugeführt			155,0	
	Demnach Verlust			1941,6	

Tabelle XXIX.

Luftüberschuß und Initial-Temperatur.

Kessel Nr.	Die Verbrennung erfolgt mit der n fachen Gewichtsmenge Luft von der theoretisch berechneten. n =	Initial-Temperatur in °C.
1	3,36	812,0
2	3,54	793,5
3	2,72	1057,5

Tabelle XXX.

Untersuchung bei dem Ekonomiser.

	Mittlere volumproz. Zusammensetzung des trockenen Rauchgases.		Bei der Verbrennung von ein Kilo Kohle gehen durch den Ekonomiser Kilo:	In den Gasen vorhandene Wärme, ausgedrückt in Kalorien.	In den Gasen vorhandene Wärme, ausgedrückt in % Kohle.
Beim Eintritt in den Ekonomiser: Temperat. d. einströmenden Rauchgase 304° C. Temperatur der eingesaugten Luft 28° C. Feuchtigkeitsgehalt 1,8 Volumproz.	Kohlensäure	5,00	2,77	181,9	
	Atmosphär. Luft ..	74,00	26,99	1944,4	
	Stickstoff	21,00	7,44	551,8	
	Wasserdampf	—	0,75	108,2	
		Summa	37,95	2786,3	40,5
	Durch die eingesaugte Luft zugeführt			35,0	
	Demnach v. d. Kesselfeuerung entführt			2751,3	40,0
Beim Austritt aus dem Ekonomiser: Temperatur u. Feuchtigkeitsgehalt der Luft wie oben. Temperatur der abziehenden Rauchgase 195°. C.	Kohlensäure	4,40	2,77	116,6	
	Atmosphär. Luft ..	77,30	32,00	1478,9	
	Stickstoff	18,30	7,36	350,2	
	Wasserdampf	—	0,81	75,0	
		Summa	42,94	2020,7	29,4
	Durch die eingesaugte Luft*) zugeführt			69,0	
	Demnach Verlust			1951,7	28,4

*) 26,99 — 21,83 = 5,16 Kilo Luft und 0,11 Kilo Wasserdampf von 28° C.

Durch den Ekonomiser werden demnach 40,5—29,4 = 11,1 % Kohlen nutzbar gemacht.

Der mittlere Gehalt der Rauchgase an atmosphärischer Luft beträgt pro Kilo verbrannter Kohle:

unmittelbar vor den Kesselrauchschiebern . . 21,83 Kilo
beim Eintritt in den Ekonomiser . . . . 26,99 Kilo
und beim Austritt aus dem Ekonomiser . . 32,00 Kilo.

Es sind somit durch die Fugen bei den Rauchschiebern, sowie durch andere Undichtheiten im Rauchkanal und beim Ekonomiser 32,00—21,83 = 10,17 Kilo Luft eingetreten. Diese Luft hat eine Temperatur von 28° C. und einen Feuchtigkeitsgehalt von 1,8 Volumprozent, enthält daher 69,0 Kalorien. Aus dem Ekonomiser zieht das Gas mit 195° C. in den Schornstein ab. Die 10,17 Kilo Luft entführen bei dieser Temperatur 480,7 Kalorien und verursachen einen Kohlenverlust von

$$\left(\frac{480{,}7 - 69{,}0}{6872}\right) = 6{,}0\,\%.$$

Wird die nachträgliche Luftzuströmung vermieden, so steigt der Effekt des Ekonomisers von 11,1 auf 17,1 %.

Eine weitere Ersparnis läßt sich erreichen, wenn der Luftzutritt zur Feuerung im Mittel von 3,21 auf 2,00 reduziert und der Ekonomiser derart umgeändert wird, daß die Gase anstatt mit 195 nur mit 150° C. in den Schornstein abziehen.

Es stellen sich alsdann die Verhältnisse, im Vergleiche mit der bestehenden Anlage, wie folgt (Tabelle XXXI):

Tabelle XXXI.

	Bei der gegenwärtigen bestehenden Anlage.	Nach der Rekonstruktion.
n =	3,12	2,00
Initial-Temperatur . . . . =	887,7° C.	1214,1° C.
Temperatur der aus dem Ekonomiser abziehenden Gase	195,0° C.	150,0° C.
Aus dem Ekonomiser entführte Wärme . . .	2020,7 Kalorien	742,1 Kalorien
Wärme durch die Luft zugeführt { bei der Feuerung	190,1 „	115,6 „
Wärme durch die Luft zugeführt { nachträglich . .	69,0 „	0,0 „
Verlust	1760,9 Kalorien = 25,6 % Kohlen	626,5 Kalorien = 9,1 % Kohlen.

Die durch die Rekonstruktion erzielte Kohlenersparnis beträgt somit:

25,6 — 9,1 = **16,5** %.

Untersuchungsresultate der Dampfkessel-Feuerung in einer bei Wien gelegenen Maschinenfabrik.*)

Sieberohrkessel mit sogenannter Halbgasfeuerung. Die Rauchgase gehen vom Kessel direkt in den Schornstein. Die verwendete Kohle hatte folgende prozentische Zusammensetzung:

Kohlenstoff	68,10	
Wasserstoff	1,57	
Stickstoff	0,93	
chemisch gebundenes Wasser . . .	18,05	W • 23,35
hygroskopisches Wasser	5,30	
Asche	6,05	

Absoluter Wärmeeffekt

$$\frac{(8080\ C\cdot + 34462\ H) - 637\ W\cdot}{100} = 5894{,}9 \text{ Kalorien.}$$

1 Kilo Kohle braucht zur vollständigen Verbrennung ohne Luftüberschuß 8,44 Kilo atm. Luft und giebt damit 9,38 Kilo Essengas.

Tabelle XXXII.

Theoretische Initial-Temperatur $\frac{5894{,}9}{2{,}3} = 2563^{0}$ C.

	Mittlere volumproz. Zusammensetzung des trockenen Essengases.	Bei der Verbrennung von 1 Kilo Kohle entwichen durch die Esse Kilo:	Entführte Wärme in Kalorien:	Wärmeverlust, ausgedrückt in Prozenten der verbrauchten Kohle:
				1) **Durch unvollständ. Verbrennung:**
Temperatur der zur Feuerung strömenden Luft 30° C.	Kohlenoxyd 3,90	0,40	40,1	a) Bildung von Kohlenoxyd 16,4
	Kohlensäure 11,52	1,87	182,1	b) Flugruß 4,1
Feuchtigkeitsgehalt 2,3 Volumprozente	Atm. Luft 30,00	3,20	341,3	c) Kohlenabgang in den Aschenfall 4,5
n = 1,26.	Stickstoff 54,58	5,72	628,1	2) **Durch Entweichen der heißen Gase** 20,8
Initial-Temperatur 2106° C.	Wasserdampf —	0,53	113,3	Summa 45,8
Temperatur der in den Schornstein abziehend. Gase 450° C.	Kohlenstoff als Flugruß	0,03	242,4	Der Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung, sowie durch übergerissenes Wasser wurde nicht bestimmt.
	Summa	11,75	1547,3	
	Durch die Luft zugeführt		77,7	
	Demnach Verlust		1469,6	
	Nach der Rekonstruktion:			
				1) **Durch unvollständ. Verbrennung:**
Temperatur der zur Feuerung strömenden Luft 26° C.	Kohlenstoff 0,00	—	—	a) Bildung von Kohlenoxyd 0,0
	Kohlensäure 9,45	2,50	143,0	b) Flugruß 1,4
Feuchtigkeitsgehalt 2,0 Volumprozente	Atm. Luft 50,80	8,61	440,6	c) Kohlenabgang in den Aschenfall 6,8
n = 2,03.	Stickstoff 39,75	6,54	422,9	2) **Durch Entweichen der heißen Gase** 15,2
Initial-Temperatur 1322° C.	Wasserdampf —	0,59	74,7	Summa 23,4.
Temperatur der in den Schornstein abziehend. Gase 265° C.	Kohlenstoff als Flugruß	0,01	80,8	
	Summa	18,25	1081,2	
	Durch die Luft zugeführt		108,0	
	Demnach Verlust		973,2	

Durch die Rekonstruktion erzielte Kohlenersparnis: 45,8 — 23,4 = **22,4** %.

*) Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- u. Versicherungs-Gesellschaft. Wien. Nr. 9. 1880.

Untersuchungsresultate der Dampfkessel-Feuerung in einer Dampfwäscherei bei Wien.*)

A. Alte Anlage.

Dieselbe besteht aus zwei Dampfkesseln, von denen der eine ein Lancashire-, der andere ein Bouilleurkessel ist; diese beiden sind abwechselnd im Betriebe. Die Rauchgase gehen von den Kesseln direkt in den Schornstein. Zur Heizung wird Förderkohle aus der Zwerina-Grube (bei Mähr.-Ostrau) verwendet, von nachstehender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	73,06
Wasserstoff	2,36
Stickstoff	0,83
chemisch gebundenes Wasser . .	14,04 } W · 16,19
hygroskopisches Wasser	2,15 }
Asche	7,56

Absoluter Wärmeeffekt:

$$\frac{(8080\ C \cdot + 34462\ H) - 637\ W}{100} = 6613 \text{ Kalorien.}$$

1 Kilo dieser Kohle verbraucht zur vollständigen Verbrennung ohne Luftüberschuß 9,617 Kilo Luft und giebt damit 10,541 Kilo Essengase.

Theoretische Initial-Temperatur $= \frac{6613}{2,58} = 2563^0$ C.

Tabelle XXXIII.

	Mittlere volumprozent. Zusammensetzung der trockenen Essengase.	Bei der Verbrennung von 1 Kilo Kohle entwichen durch die Esse Kilo.	Entführte Wärme in Kalorien:
Temperatur der zur Feuerung strömenden Luft 31° C.	Kohlenoxyd 0,00	—	—
Feuchtigkeitsgehalt 2,3 Volumprozente	Kohlensäure 6,05	2,68	213,9
n = 3,06.	Atmosphär. Luft . 67,89	19,86	1744,9
Initial-Temperatur 917° C.	Stickstoff 26,06	7,41	667,5
Temperatur der in den Schornstein abziehenden Gase 370° C.	Wasserdampf . . . —	0,82	146,1
	Kohlenstoff als Flugruß	0,03	242,4
	Summa	30,80	3014,8
	Durch die Luft zugeführt**)		221,7
	Demnach Verlust		2793,1

Neben den hier genannten Bestimmungen wurde auch der Kohlenabgang in den Aschenfall, das verdampfte Wasser und das mit dem Dampf über-

*) Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. Nr. 9. 1880. Wien.

**) 29,48 Kilo atm. Luft von 31° C. = 216,6 Kalorien.
0,43 Kilo Wasserdampf von 31° C. = 5,1 Kalorien.
221,7 Kalorien.

gerissene Wasser ermittelt. Zur Bestimmung des verdampften Wassers diente ein Kennedy'scher Wassermesser, dessen Fehlerkonstante früher genau festgestellt wurde. Die Verdampfungsversuche wurden mehrere Wochen hindurch fortgesetzt und von Zeit zu Zeit wurde auch der Wassergehalt des Dampfes ermittelt.

Als Durchschnitt aus der ganzen Versuchsreihe ergab sich, daß pro ein Kilo Zwerina-Kohle

5,0126 Kilo Wasser wirklich verdampft und
0,2974 Kilo Wasser in tropfbar flüssigem Zustande übergerissen wurden.

Mit anderen Worten: von 100 Gewichtsteilen Wasser im Kessel wurden 94,4 verdampft und 5,6 übergerissen.

Die Dampfspannung war 4 Atm. (à 1,0334 Kilo pro Quadratzentimeter) und die Temperatur des Speisewassers 40° C.

Daraus berechnet sich nach Regnault'schen Zahlen die Gesamtwärme, welche zur Dampfbildung in Anspruch genommen wurde, mit

$$(652,9 - 40) \cdot 5,0126 = 3072,2 \text{ Kalorien}$$

und die des übergerissenen Wassers mit

$$0,2974 \cdot 152 - 40 = 33,3 \text{ Kalorien.}$$

Von 100 Kilo Kohlen werden demnach $\frac{3072,2 \cdot 100}{6613} = 14,5$ Kilo nutzbar gemacht und 53,5 gehen verloren.

Dieser Verlust verteilt sich wie folgt:

1) Durch unvollständige Verbrennung u. zw.:		
a) Bildung von Kohlenoxyd u. s. w.		0,0 %
b) Flugruß	$\frac{242,4 \cdot 100}{6613} =$	3,7 „
c) Kohlenabgang in den Aschenfall		5,6 „
2) Durch entweichen der heißen Gase	$\frac{(27934 - 242,4) \cdot 100}{6613} =$	38,5 „
3) Durch übergerissenes Wasser	$\frac{33,3 \cdot 100}{6613} =$	0,5 „
4) Durch Leitung und Strahlung der Anlage (aus der Differenz berechnet)		5,2 „
	Summa	53,5 %.

B. Neue Anlage.

Auf Grund der oben angeführten Untersuchungsresultate wurde beschlossen, eine neue Kesselanlage herzustellen, und zwar entschied man sich für einen Ten-Brink-Kessel. Derselbe besteht aus drei Oberkesseln von je 0,75 Meter Durchmesser und 7,50 Meter Länge, unter welchen der Ten-Brink-Apparat am vorderen Ende liegt. Letzterer enthält zwei Feuerzylinder von je 0,80 Meter mittlerem Durchmesser, in welchen die Roste unter einem Winkel von 46° eingesetzt sind. Die Gesamtrostfläche beträgt 2 Quadratmeter, bei einer Stablänge von 1,25 Meter.

Unter den drei Oberkesseln sind sechs Bouilleurs in bekannter Weise gelagert. Jeder derselben hat einen Durchmesser von 0,60 Meter und ist auf einer Länge von 5,40 Meter den Verbrennungsgasen ausgesetzt.

Quer über den drei Oberkesseln ist ein Dampfsammler angebracht, welcher behufs Abscheidung des übergerissenen Wassers mit einer Membran versehen ist.

Vor der Öffnung der Feuerhälse sind Kippgefäße angebracht, welche je zirka 9 Kilo Kohlen fassen und eine sehr bequeme Beschickung der Roste ohne übermäßigen Luftzutritt gestatten.

Die Feuerzüge sind viermal zwischen den Ober- und Unterkesseln entlang geführt und beim Austritt unter den letzten Bouilleurs nach Art einer Feuerbrücke stark gedrosselt.

Vor der Einmündung des Rauchkanals in den Schornstein ist anstatt des Schiebers eine durch Kette und Kontragewicht verstellbare Klappe vorhanden.

Die Breite des Rauchkanals ist 0,65 Meter.

Der Schornstein hat eine Höhe von 31,60 Meter und einen oberen Durchmesser von 0,62 Meter.

Der Dampfkessel besitzt eine totale Heizfläche von 95 Quadratmeter.

Das Verhältnis der Rostfläche zur Heizfläche ist daher 1:47,5.

Zur Speisung des Kessels dient durch Magnesia teilweise entkalktes und filtriertes Donauwasser, welches auf 65° C. vorgewärmt wird.

Die Heizung geschieht mit Zwerina-Kohle von der früher angegebenen Zusammensetzung.

Der Kessel wurde im Juni 1880 in Betrieb gesetzt und am 16. Juli eine Kommission zur Konstatierung der Thatsachen einberufen. Das hierbei aufgenommene Protokoll, dessen wesentlicher Inhalt im Nachfolgenden wiedergegeben ist, trägt folgende Unterschriften:

J. Radinger, Professor des Maschinenbaues an der k. k. technischen Hochschule in Wien.
Fr. Schwakhöfer, Professor der chemischen Technologie an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien.
C. Thalwitzer, technischer Direktor der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. in Wien.
R. Münster, technischer Direktor der Maschinenfabrik Bächli & Co.
F. v. Faber, Ingenieur.
C. Völkner, Zivil-Ingenieur.
E. Ruziczka, Direktor der Dampfwaschanstalt.

Die Verdampfungsprobe wurde am 16. Juli um 11 Uhr vormittags begonnen und um 6 Uhr abends abgeschlossen. Beim Beginn und am Schlusse der Probe wurde der Wasserstand im Kessel so genau als möglich markiert und der Kennedy'sche Wassermesser abgelesen.

Die Verdampfung wurde bei 4 Atm. Überdruck (à 1 Kilo per Quadratzentimeter) vorgenommen und das hierzu verwendete Kohlenquantum unter Kontrolle gewogen.

In den 7 Beobachtungsstunden wurden 3 Essengas-Analysen, 9 Ablesungen am Essengas-Thermometer und August'schen Psychrometer gemacht.

Die Rauchklappenöffnung variiert zwischen 0,058 und 0,117 Quadratmeter und die Geschwindigkeit der Gase durch die Klappenöffnung zwischen 3,13 bis 8,36 Meter per Sekunde.

Die Gase für die Analyse wurden vor dem Eintritt in den Schornstein angesaugt und Durchschnittsproben von 1—1½ stündiger Aspirationsdauer entnommen.

Tabelle XXXIV.

Resultate der Analysen:

Volumprozentige Zusammensetzung der trockenen Essengase.

Analyse Nummer	I.	II.	III.
Kohlenoxyd	0,00	0,00	0,00
Kohlensäure	9,88	10,64	12,71
Atmosphärische Luft	49,72	40,00	31,23
Stickstoff	40,72	49,36	56,06
Zeitdauer der Aspiration:	11—12½	2—3	3½—4½ Uhr
Temperatur der zur Feuerung strömenden Luft °C.	28,9	33,6	33,6
Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Volumprozenten	2,27	2,56	1,97
Verbrauchte Luft . . . . n =	1,84	1,73	1,44
Initial-Temperatur	1454,7	1552,0	1848,0
Temperatur der Essengase °C.	160,2	156,0	155,0

Tabelle XXXV.

	Volumprozent. Zusammensetzung der trockenen Essengase im Mittel während der ganzen Versuchsdauer.	Bei Verbrennung von 1 Kilo Kohle entwichen durch die Esse Kilo:	Entführte Wärme in Kalorien.
Mittelwerte:	Kohlenoxyd 0,00	—	—
Temperatur der Luft 31,39° C.	Kohlensänre 11,08	2,678	90,8
Feuchtigkeitsgehalt 2,27.	Atmosphär. Luft . . 40,21	6,398	237,5
Volumproz. n = 1,7.	Stickstoff 49,71	7,677	293,6
Initial-Temperatur 1618,2° C.	Wasserdampf . . . . —	0,617	77,1
Temp. der Essengase 156,75° C.	Kohlenstoff als Flugruß	0,005	40,4
	Summa	17,364	739,4
	Durch die Luft zugeführt*)		127,5
	Demnach Verlust		611,9

In den 7 Beobachtungsstunden wurden 559 Kilo Kohle verbrannt und 5760 Liter Wasser verdampft.

Im Mittel aus mehreren Versuchen hat sich ergeben, daß von 100 Gewichtsteilen Wasser im Kessel

97,5 Gewichtsteile wirklich verdampft und

2,5 Gewichtsteile im tropfbar flüssigen Zustande übergerissen wurden.

Pro 1 Kilo Kohle werden daher

10,0425 Kilo Wasser verdampft und

0,2575 Kilo Wasser übergerissen.

Bei einer Dampfspannung von 4 Atm. Überdruck und 65° C. Speise-

*) 16,36 Kilo atmosphärische Luft von 31,93° C. = 123,9 Kalorien
0,24 „ Wasserdampf von . . . . 31,93° C. = 3,6 „
127,5 Kalorien.

wasser-Temperatur berechnet sich die Gesamtwärme, welche zur Dampfbildung in Anspruch genommen wird, mit

$$(652{,}9 - 65{,}0) \cdot 10{,}0425 = 5897{,}0 \text{ Kalorien.}$$

und die im übergerissenen Wasser mit

$$(0{,}2575 \cdot 152{,}2) - 65{,}0 = 22{,}4 \text{ Kalorien.}$$

Von 100 Kilo Kohle werden demnach $\frac{5897{,}0 \cdot 100}{6613} = 89{,}1$ Kilo nutzbar gemacht und 10,9 gehen verloren.

Dieser Verlust verteilt sich wie folgt:

1) Durch unvollständige Verbrennung u. zw.
   a) Bildung von Kohlenoxyd u. s. w. . . . . 0,0 %
   b) Flugruß . . . . $\frac{40{,}4 \cdot 100}{6613} =$ 0,6 „
   c) Kohlenabgang in den Aschenfall*) . . . . — „
2) Durch Entweichen der heißen Gase $\frac{(611{,}9 - 40{,}4) \cdot 100}{6613} =$ 8,6 „
3) Durch übergerissenes Wasser . . . . . $\frac{22{,}4 \cdot 100}{6613} =$ 0,3 „
4) Durch Leitung und Strahlung der Anlage, sowie durch den Kohlenabgang in den Aschenfall, aus der Differenz berechnet . . . . 1,4 „

Summa 10,9 %.

Die Kohlenersparnis gegenüber der alten Anlage beträgt somit:

$$53{,}5 - 10{,}9 = \mathbf{42{,}6}\,\%$$

was in der Praxis auch damit konstatiert ist, daß der Kohlenverbrauch für die Dampfproduktion in der Wäscherei, welcher bei der alten Anlage pro Tag durchschnittlich zwischen 1800 und 2000 Kilo schwankt, jetzt nahezu konstant 1100 Kilo beträgt.

Wie aus den vorstehend angegebenen Untersuchungsresultaten ersichtlich, betragen die Ersparnisse an Brennmaterial bei den drei Anlagen 16,5, 22,4 und 42,6 %, und ist somit der evidente Beweis geliefert, wie wichtig es für größere Etablissements ist, sich genaue Kenntnis von dem Zustande ihrer Feuerungsanlagen zu verschaffen.

Bericht über die Thätigkeit der vom Aachener Bezirksverein gewählten permanenten Kommission für Gasfeuerung.**)

Der Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure hatte anfangs 1878 beschlossen, eine permanente Kommission für Gasfeuerung zu bilden, und hatte als Mitglieder derselben bezeichnet die Herren Direktor Bilharg, Professor Dürre, Direktor Hilt, Professor und Geh.-Rath Landol, Generaldirektor Honigmann. Professor Intze, Direktor Platz, Ingenieur Tomson, Direktor de Boischevalier, Ingenieur Brauser, Fabrikinhaber Piedboeuf und Ingenieur Thelen.

Die erste Sitzung der Kommission fand am 15. Mai 1878 statt und es wurden bis zum 1. Januar 1880 im ganzen acht Sitzungen abgehalten. In

*) Wurde nicht separat bestimmt und ist sub 4 berücksichtigt.

**) Wochenschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Nr. 37 und 38. 1880.

der ersten Sitzung wurde als Gesichtspunkt aufgestellt, daß es Aufgabe der Kommission sein sollte, Industriellen, welche die Absicht haben, zu Anlagen für Gasfeuerungen zu schreiten, mit Rat und That zur Seite zu stehen. Es wurde erwartet, daß in solchem Falle der Betreffende der Kommission Anzeige davon macht und sein Projekt zur Begutachtung vorlegt; daß alsdann ein solches Projekt von ihr gemeinsam oder von einzelnen durchgearbeitet werde. Zur speziellen Überwachung der Ausführung seien später event. einzelne oder mehrere Mitglieder zu delegieren, welche der Kommission über den Verlauf der gemachten Arbeiten Bericht zu erstatten haben würden.

Dem speziellen Wunsche des Herrn Hilt, daß man bei den anzulegenden Gasfeuerungen auf die Anwendung der im Aachener Bezirk sich vorfindenden Kohlen Rücksicht nehme, glaubte die Kommission umsomehr Rechnung tragen zu müssen, als verschiedene hiesige Kohlenbergbau-Verwaltungen nach Mitteilung der Beteiligten eine größere Summe der Kommission zum Zweck von Versuchen und anderen zur Erreichung des vorgesetzten Zweckes nötig erachteten Dispositionen zur Verfügung gestellt hatten. Außerdem wurde von denselben Seiten unentgeltliche Anlieferung der zu solchen Versuchen nötigen Kohlen zugesagt.

Herr Dr. Dürre berichtete über vorläufig im Laboratorium des königl. Politechnikums zu Aachen angestellte Versuche, welche mit 1) Gaskoks aus der Aachener Gasanstalt und 2) mageren Würfelkohlen aus dem Wurmrevier folgende Resultate gegeben haben.

1) Bei Gaskoks von Aachen erfolgten bei 12 Zentimeter Schütthöhe:

$13\,\%\ CO_2,\ 6{,}6\,\%\ O,\ 80{,}4\,\%\ N;$

bei 26 Zentimeter Schütthöhe:

$14\,\%\ CO_2,\ 1\,\%\ O,\ 6{,}3\,\%\ CO;$

bei 46 Zentimeter Schütthöhe:

$9\,\%\ CO_2,\ 1\,\%\ O,\ 15\,\%\ CO.$

Die Gase brannten in keinem der drei Fälle.

2) Bei mageren Würfeln des Wurmreviers erfolgten bei 12 Zentimeter Schütthöhe:

$13\,\%\ CO_2,\ 0{,}4\,\%\ O,\ 10\,\%\ CO$

nicht brennbar, doch sichtbares Gas;

bei 26 Zentimeter Schütthöhe:

$8\,\%\ CO_2,\ 1\,\%\ O,\ 8{,}4\,\%\ CO$

brennbar mit klarer schwächlicher Flamme;

bei 46 Zentimeter Schütthöhe:

$7{,}8\,\%\ CO_2,\ 1\,\%\ O,\ 21\,\%\ CO$

brennbar mit stärkerer Flamme.

Da die beiden letzten Gasmengen dem Verhalten nach reich an Kohlenwasserstoffen sein mußten, so wurde einstweilen eine Rechnung darüber angestellt, wie viel Stickstoff dem Sauerstoff der gebildeten Gase (unter Vernachlässigung des Sauerstoffs, welcher aus den Kohlen stammt) entspreche, und wurde ermittelt, daß die beiden brennbaren Gemische jedenfalls nur der Gegenwart der Kohlenwasserstoffe ihre Brennbarkeit verdanken.

Das Gas von 26 Zentimeter Schütthöhe mußte hiernach an $3\,\%\ H_4C$ enthalten, das Gas von 46 Zentimeter Schütthöhe fast ebenso viel, nur wahrscheinlich mit H_2C gemischt.

Unter den Gegenständen der Verhandlung ist besonders ein von Herrn Hilt in der Sitzung vom 5. März 1879 besprochener umgekehrter Treppenrost

…verschieder…

…n Quadratmeter.	Gewicht des verdampften Wassers pr. Q.-Met. Heizfläche.	Temperatur der abziehenden Gase am Ende der Heizfläche.	Zugstärke am Ende des letzten Zuges in Millimeter Wasser.
	10,22	218	12,0
	10,17	220	11,5
	9,02	205	10,5
	8,32	210	10,0
	11,73	225	13,2
	10,39	230	13,8
	10,71	180	12,6
	10,12	200	12,9
	10,24	211	12,0
	8,13	167	8,8
	8,85	180	9,3
	9,97	220	11,0
	9,42	222	10,4
	8,99	—	—
	10,11	—	—
	8,44	180	8,05
	11,83	174	12,5
	9,30	192	10,0
	9,86	203	11,0
	9,83	205	1,4
	9,26	210	1,8
	8,39	185	1,3
	8,42	195	1,6
	10,84	199	2,2
	9,15	190	1,5
	8,88	170	1,1
	9,40	175	1,0
	9,41	180	1,3
	9,57	175	0,8
	10,30	225	2,5
	8,62	201	1,4
	9,95	—	—
	11,63	—	—
	11,88	230	2,4
	6,03	165	1,1
	9,16	195	1,6

r Dampfkesseln.

rbeits- hältnisse	Wertangabe	Analyse der verbrannten Gase: Ende des Kessels: Kohlensäure	Ende des Kessels: Sauerstoff	Ende des Kessels: Kohlenoxyd	Ende des Kessels: Luftüberschuß	Ende des letzten Zuges: Kohlensäure	Ende des letzten Zuges: Sauerstoff	Ende des letzten Zuges: Kohlenoxyd	Ende des letzten Zuges: Luftüberschuß	Wärmeverlust im Kamine. %
entnahme	Maxim.	14,5	3,5	1		7,5	11,0	—		
sch. Zustän-	Durchschn.	10,0	9,0	—	42,9	5,5	13,5	—	64,4	20,4
r Feuerung	Minim.	7,5	1,0	—		4,5	15,0	—		
do.	Maxim.	13,0	4,5	1,5		9,0	9,5	—		
	Durchschn.	9,0	10,0	—	47,7	5,0	14,0	—	66,8	17,3
	Minim.	7,5	11,5	—		3,5	15,5	—		
do.	Maxim.	13,0	5,0	—		8,5	11,0	—		
	Durchschn.	9,0	9,5	—	45,3	6,0	14,0	—	66,8	
	Minim.	6,5	12,5	—		4,5	14,5	—		
do.	Maxim.	13,5	5,0	—		8,5	10,0	—		
	Durchschn.	10,0	9,0	—	42,9	5,5	14,0	—	66,8	22,3
	Minim.	8,5	10,5	—		2,5	17,0	—		
do.	Maxim.	12,0	5,5	1,5		11,5	6,5	1		
	Durchschn.	10,0	7,5	1	35,8	9,0	9,0	—	42,9	16,0
	Minim.	9,0	9,5	—		7,5	12,0	—		
do.	Maxim.	13,0	5,0	1		9,0	9,5	—		
	Durchschn.	10,0	8,5	—	40,5	5,5	13,5	—	64,4	25,3
	Minim.	7,0	11,0	—		4,0	15,0	—		
do.	Maxim.	16,0	1,5	1,5		13,0	4,5	—		
	Durchschn.	14,0	4,5	—	21,5	12,0	7,0	—	33,4	12,0
	Minim.	12,5	6,5	—		10,0	9,0	—		
do.	Maxim.	16,0	2,0	1		14,0	5,5	1		
	Durchschn.	15,0	4,0	—	19,0	12,0	3,5	—	16,7	11,2
	Minim.	12,0	7,0	—		9,0	9,5	—		

aus Ludwig'schen Roststäben, direkt im Feuerrohr eines Cornwallkessels angebracht, zu erwähnen. Man erzielte damit gute Resultate, wobei teils mit Körting'schen Unterwindgebläse, teils ohne dieses gearbeitet wurde. Als Brennmaterial wurde eine feine, anthracitische Gruskohle benutzt und in den abgehenden Gasen gleich zu Anfang 10 bis 15% CO_2 neben 4 bis 7% O konstatiert, ohne auch nur eine Spur von Kohlenoxydgas. Man erreichte dabei durchschnittlich 8,5 bis 9 Kilo Verdampfung pro Kilo aschenfreier Kohle. Dabei ist die ganze Anlage wenig kostspielig und empfiehlt sich darum um so mehr.

Versuche an einer gemischten Feuerungsanlage von Gasfeuerung und gewöhnlichem Treppenrost ergaben ungünstige Resultate, namentlich zeigten die Analysen einen großen Überschuß an O. Dabei machte Herr Hilt noch die Beobachtung, daß das Körting'sche Gebläse an Generatoren mit Vorteil anzuwenden sei, speziell bei mageren Kohlen; einmal wirke der zersetzte Wasserdampf günstig und dann kühle derselbe zu gleicher Zeit die ohnehin leicht zu heiß gehenden Generatoren.

Herr Bilharz legte in einer Sitzung eine Zeichnung des Verdié'schen Rostes vor und machte über diesen Apparat folgende Mitteilungen. Dem Erfinder zufolge gestattet derselbe

1) dem Brennmaterial nahezu die zu seiner Verbrennung nötige Luft zuzuführen;
2) die Gase in den günstigsten Verhältnissen zu mischen, sodaß die Verbrennung möglichst vollkommen ist;
3) die Gase sich langsam fortbewegen zu lassen, um so den größten Teil ihrer Wärme abzugeben;
4) der äußeren Luft den Zugang zu versperren, da innerhalb des Kesselfeuers ein Überdruck herrscht, an Stelle der Druckverminderung unter gewöhnlichen Zügen;
5) ist die Zurückführung der verbrannten Gase der charakteristischste Teil dieser Rostdisposition und es ist nach Verdié überhaupt nötig, die Luftzuführung so zu regulieren, daß die Verbrennung direkt über den Roststäben keine vollständige wird und sich später noch so viel Sauerstoff vorfindet, um auch in den mittleren und oberen Kohlenlagen eine weitere langsame und vollständige Verbrennung zu erzielen. Verdié nimmt an, daß die in dem rücklaufenden Zuge enthaltenen unverbrannten Gase den Sauerstoff der frischen Luft decken, und daß überhaupt der Luftverbrauch dadurch wesentlich reguliert werde.

Es wird mit anderen Worten also an Stelle des gewöhnlich notwendigen Sauerstoffüberschuß, das gerade ausreichende Sauerstoffquantum gegeben, ohne der abkühlenden, frischen Luft allzu reichlichen Zutritt zu gestatten. Beim Betriebe sind die Thüren der Aschenlöcher vollständig, der Schieber nach dem Kamine beinahe geschlossen. Vor dem Schieber findet der Abzug der heißen Gase statt, welche durch die in der Düsenkammer des Ventilators herrschende Depression angesaugt worden sind, und werden dieselben dann mit einem Teile frischer Luft unter den Rost gepreßt.

Der Apparat besteht somit im Wesentlichen:

1) aus dem von hinten nach vorn verlaufenden Gaskanal,
2) einer heißen Gaskammer,
3) einem Ventilator, dessen Düse die Gaskammer durchschneidet,
4) einem Aspirationskonus, welcher die Gaskammer von dem Luftkanal trennt,

5) dem Luftkanal, einer Büchse, welcher die doppelte Verteilung bezweckt, nämlich die Einführung des Gas- und Luftgemisches in den Aschenkasten einerseits, in die Feuerbrücke andererseits,
6) einem hydraulischen Apparat, der die Luftpressung reguliert,
7) der hohlen Feuerbrücke.

Beinahe sämtliche Teile liegen unter dem Boden, sodaß sie an keiner Stelle belästigen.

Der Apparat stützt sich, wie schon angedeutet, auf folgende Prinzipien:
1) Verminderung des Luftvolumens auf das geringste zulässige Maß;
2) Verminderung der in dem Schornsteinzuge liegenden mechanischen Kraft;
3) Erzielung einer langsamen, aber vollständigen Verbrennung unter konstantem Druck.

Letzterer tritt ein bald nachdem der Ventilator in Betrieb und der Abzugschieber beinahe ganz geschlossen ist. Eine Regulierung der Luftzuführung ist gleichfalls vorgesehen. Die Luftpressung ist in der Regel 3 bis 6 Millimeter Wassersäule.

Über die Resultate wird folgendes mitgeteilt:

A. Bei gewöhnlichem Roste und 5,56 Atm. Pressung. 7,44 Kilo Wasser von 31,78° oder 7,08 Kilo von 0° verdampft pro Kilo roher Kohle; 8,77 Kilo Wasser von 31,78° oder 8,34 Kilo Wasser von 0° pro Kilo reiner Kohle, also Nutzeffekt 65,8%.

B. Mit Verdié'schem Roste:

9,36 Kilo Wasser von 29,12° oder 8,92 Kilo Wasser pro Kilo roher Kohle; 10,96 Kilo Wasser von 29,12° oder 10,45 Kilo Wasser von 0° pro Kilo reiner Kohle, also Nutzeffekt 82,63% oder gleich 25,13% Ersparnis.

In allen Fällen, wo Verdié'sche Roste angewandt werden, können die Kosten für den Schornstein in Wegfall kommen, indem es genügt, ein einfaches Evakuationsrohr zu haben.

Herr Hilt meinte gelegentlich dieser Auseinandersetzung, daß das Körting'sche Unterwindgebläse sämtliche Vorteile des genannten Rostes biete und dabei viel einfacher sei, eine Ansicht, der sich die meisten Kommissionsmitglieder anschlossen.

Die früher in Aussicht genommene Exkursion nach Grube Fossey der Gesellschaft Vieille Montagne, woselbst ein Schulte-Röber'sche mechanisch aufgebender Rost in Thätigkeit gesetzt war, fand am 10. Juni 1879 statt.

Der Rost war in regelmäßigem und gutem Gange. An dem Kessel wurden durch Herrn de Boischevalier Gasanalysen ausgeführt, zu welchem Zweck derselbe einen sinnreich von Herrn Tomson modifiziertem Orsat-Apparat mitgebracht hatte.

Die Analysen wurden dreimal ausgeführt.

1) Die Analyse unmittelbar nach dem Schüren ergab

$9{,}5\,\%\ CO_2;\ 9{,}5\ O;\ 0\,\%\ CO,$

2) bei fast leerem Roste

$5{,}0\,\%\ CO_2;\ 15{,}5\,\%\ O;\ 0\,\%\ CO,$

3) 10 Minuten nach Aufgabe der Kohlen in den Trichter und 5 Minuten nach dem letzten Schüren

$11{,}0\,\%\ CO_2,\ 8{,}0\,\%\ O;\ 0\,\%\ CO.$

Die Analyse unter 2) mußte schlecht ausfallen, da der Rost ganz leer gebrannt war und zuviel Luft hindurch ließ. Bei regelmäßiger Bedienung

und richtiger Behandlung giebt der Rost günstige Resultate, was durch vergleichende Versuche konstatiert worden war.

Die Herren Ingenieur Donckier und Maschinenmeister Killeter von der Gesellschaft Vieille Montage hatten gemeinschaftlich nachstehendes ermittelt:

Mit dem gleichen Kessel und gewöhnlichem Planroste wurden pro Kilo Kohle 6,572 Kilo Wasser von $30^1/_{10}{}^0$ C., mit dem Schulte-Röber'schen Roste 7,9 Kilo Wasser von $28^4/_5{}^0$ C. verdampft. Die Kohle enthielt 16% Asche und 5% Wasser und war ein Gemisch von $^1/_3$ Würfel halbfett und $^2/_3$ fette Kohlen. Wenn man den Aschengehalt und die Feuchtigkeit abrechnet, so ergeben sich pro Kilo Kohle für gewöhnlichen Rost 8,38 Kilo Wasser von $30^1/_{10}{}^0$ C., für den Schulte-Röber'schen 10,524 Kilo Wasser von $28^4/_5{}^0$ C. macht 1,328 Kilo Wasser mehr pro Kilo Kohle oder 20,2% Ersparnis.

Beim gewöhnlichen Roste waren 12 Millimeter Zug, beim Schulte-Röber'schen 7 Millimeter erforderlich.

Herr Hilt teilte der Kommission noch nachstehende auf Grube Langenberg an dem Ludwig'schen Rost ausgeführte Analyse mit: Die Kessel wurden mit einer Mischung geheizt, welche aus Perlkohle und Briquettstücken bestand. Die Feuer wurden pro doppelte Schicht 4 mal gereinigt. Durch das Wechseln der Nacht- und Tagschicht werden die Feuer häufig vernachlässigt, und müssen dadurch öfters einmal mehr gereinigt werden.

Kessel Nr. 10. 3 Stunden nach dem Reinigen; Schichthöhe 330 bis 350 Millimeter; Temperatur bei vollem Zuge 310°, bei halbem Zuge 255° C. Die Analyse ergab nach frischer Beschickung:

$$CO_2 = 17,5\%;\ CO = 0,0\%;\ O = 2,5\%$$

bei vollem Zuge.

$$CO_2 = 15,5\%;\ CO = 0,0\%;\ O = 4,0\%$$

bei vollem Zuge.

Kessel Nr. 8. 4 Stunden nach dem Reinigen. Die Analyse ergab bei 340 Millimeter Beschickung:

$$CO_2 = 16,0\%;\ CO = 0,0\%;\ O = 4,0\%$$

bei vollem Zuge. Temperatur 310°, bei halbem Zuge 250° C.

Kessel Nr. 9. Geheizt wie Nr. 10 und 8. Schichthöhe 300 Millimeter; Temperatur bei vollem Zuge 300°, bei halbem Zuge 270° C.

Kessel Nr. 1. 3 Stunden nach dem Reinigen. Schichthöhe 280 Millimeter. Die Analyse ergab:

$$CO_2 = 14,18\%;\ CO = 0,0\%;\ O = 6,0\%$$

bei vollem Zuge. Temperatur 320° bei vollem Zuge, 280° bei halbem Zuge. Das Feuer brannte gleichmäßig und lebhaft.

5 Stunden nach dem Reinigen. Die Analyse ergab:

$$CO_2 = 6,5\%;\ CO = 0,0\%;\ O = 13,0\%.$$

Temperatur 335°. Das Feuer brannte wohl lebhaft aber ungleichmäßig, was wahrscheinlich davon herrührte, daß die Heizer die Feuer zu viel abbrennen lassen; wo sich neue Schlacke gebildet hat, erkaltet dieselbe dann, die frisch aufgegebene Kohle entzündet sich an diesen Stellen nicht; die Luft kann infolge dessen ohne sich zu zersetzen, hindurchstreichen und liefert den Sauerstoffüberschuß.

Temperaturmessungen ergaben:

	bei vollem Zuge,	bei halbem Zuge.
Kessel Nummer I:	320°	280°
„ „ II:	350°	310°

		bei vollem Zuge,	bei halbem Zuge.
Kessel Nummer	III:	380°	340°
„ „	V:	300°	265°
„ „	VI:	305°	275°
„ „	VII:	380°	345°
„ „	VIII:	300°	250°

Trotzdem die kleine Batterie einen viel besseren Zug hat als die große, so sind doch die Temperaturen im Fuchs immer beträchtlich geringer als bei der großen Batterie; es liegt dies jedenfalls an der Konstruktion der Kanäle.

Weitere Beobachtungen sind folgende:

Kessel Nr. 1. Schichthöhe 300 Millimeter; Register halb offen. Die Analyse ergab:

$CO_2 = 14,5\%$; $CO = 0,0\%$; $O = 5,5\%$.

Temperatur 300°.

Kessel Nr. 8. Schichthöhe 280 Millimeter; Register halb offen. Die Analyse ergab:

$CO_2 = 12,5\%$; $CO = 0,0\%$; $O = 7,5\%$.

Temperatur 250°.

Kessel Nr. 10. Schichthöhe 330 Millimeter; Register einviertel geschlossen. Die Analyse ergab:

$CO_2 = 18,0\%$; $CO = 0,0\%$; $O = 2,0\%$.

Temperatur 270°. Die Feuer gingen meistens nur mit halbem Zuge. Die Schichthöhe betrug durchschnittlich 300 bis 330 Millimeter.

Seitens der Herren Hilt und Tomson gelangten noch die nachstehenden ausführlichen Mitteilungen (A und B) über angestellte Versuche an die Kommission.

A. Mitteilungen des Spezialdirektor C. Hilt über den Fortgang der Gasfeuerungsversuche.

Die Versuche zur Einführung der Gasfeuerung bei den Dampfkesseln der Wurmrevier-Gesellschaft wurden namentlich in der Absicht unternommen, hierbei diejenigen Kohlensorten zur Verwendung zu bringen, welche bei der direkten Kesselheizung auf dem Rost entweder gar nicht oder nur mit sehr schlechtem Erfolge Verwendung finden können. Es ist dies hauptsächlich die magere anthracitische Staubkohle unter 5 Millimeter Korngröße und die magere anthracitische Gruskohle unter 20 Millimeter Korngröße, welche etwa 50% der schon bezeichneten Staubkohle, außerdem 25% Perlkohle von 5 bis 10 Millimeter Korngröße und 25% Nußkohle von 10 bis 20 Millimeter Korngröße enthält, aber durch lange Lagerung im Freien so durch und durch feucht ist, daß es unmöglich ist, ohne zu große Kosten diese drei Korngrößen daraus gesondert zu gewinnen.

Es wurde zunächst mit einem Generator versucht, welcher unter 1,0 Meter Breite und Tiefe hatte und bei einer Höhe von 2,0 Meter sich nach oben auf 2,0 Meter Tiefe erweiterte. Als Vorderwand desselben diente ein Treppenrost von 60° Neigung, bei welchem indessen von vornherein die oberen Spalten zugemauert waren, und an dem nach und nach noch mehr Spalten geschlossen wurden, so daß zuletzt nur noch drei Spalten (auf eine Gesamthöhe von 0,3 Meter) offen blieben.

Um die Verwendung von anthracitischen Kohlen stets sehr bedeutende

Wärme im Generator selbst möglichst vollständig auszunutzen, wurde auf 1,5 Meter Länge der Kessel über den Generator gelegt. Der Erfolg entsprach indessen den Erwartungen durchaus nicht. Magere Staubkohle für sich konnte absolut nicht verwendet werden und selbst die nicht separierte Gruskohle ergab dabei noch sehr erhebliche Schwierigkeiten. Nicht nur, daß es auf keine Art gelingen wollte, in 24 Stunden mehr als etwa 1400 Kilo Kohlen zu verbrennen, sondern es stellte sich auch die Verdampfung trotz aller Bemühungen im Durchschnitt auf nur etwa 3 Kilo verdampftes Wasser pro Kilo roher Kohle.

Bei einem durchschnittlichen Aschengehalt von etwa 15% ist dies Ergebnis überaus ungünstig. Veranlaßt wurde dasselbe einesteils dadurch, daß ein großer Teil der feinen anthracitischen Kohle beim Entfernen der Schlacke unverbrannt mit wegging, andererseits dadurch, daß es überhaupt nicht gelingen wollte, eine eigentliche Vergasung in dem angewandten Generator zu erzielen. Wegen des starken Zuges, welcher sich als notwendig herausstellte, wenn mindestens das oben angegebene Quantum von 1400 Kilo durchgesetzt werden sollte, blieben in den Verbrennungsprodukten noch 14% freier Sauerstoff, selbst wenn die Luftkanäle vollständig geschlossen wurden. Die Temperatur der abziehenden Gase wechselte zwischen 180 und 225° C. und betrug im Allgemeinen etwa 200°.

Es wurde nunmehr die Feuerung dahin geändert, daß an Stelle des Generators ein gewöhnlicher etwas tief liegender Planrost trat. Dabei zeigte sich, daß neben etwa 30% besseren stückreichen Brennmaterials ganz leicht 70% des schlechtesten Magergruses mit einem Gehalte von 50% Staub unter 4 Millimeter verheizt werden konnten. Die Verbrennung stieg auf 2100 bis 2200 Kilo pro 24 Stunden, die Verdampfung auf 5,5 bis 7,3 Kilo Wasser pro Kilo rohe Kohle und betrug im Durchschnitt eines ganzen Monats 6,4 Kilo. Hierbei war die Temperatur im Fuchs 250 bis 350°, sodaß also der Kessel für seine Heizfläche schon etwas zu stark gefeuert wurde; der freie Sauerstoff in den Heizgasen betrug 9 bis 10,5%.

Nach diesen unerwartet günstigen Resultaten mit Rostfeuerung wurden die Versuche in größerem Maßstabe fortgesetzt und dabei gefunden, daß auch in Cornwallkesseln mit einem Feuerrohr ganz ebenso gute Resultate sich erzielen lassen. Dabei hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, die Roste etwa 10 Zentimeter unter Mitte Feuerrohr zu legen und den Roststäben zur besseren Abkühlung eine größere Höhe (bis 15 Zentimeter) und eine recht schmale obere Fläche zu geben (nicht über 8 Millimeter) bei einer Spaltweite von nur 5 bis 6 Millimeter.

Auf solchen Rosten können bei 30% besserer Kohle leicht 70% Perlkohle oder Magergrus und Schlamm verbrannt werden, und gelingt es bei vorsichtiger Behandlung des Feuers, ganz überraschend günstige Verdampfung zu erzielen. Bei zwei Versuchskesseln wurden im Durchschnitt eines ganzen Monats 7 Kilo Wasser pro Kilo rohe Kohle verdampft.

Es zeigte sich dabei, daß es von außerordentlichem Einfluß ist wie stark die Kessel betrieben werden. Bei günstiger Feuerung, wobei Resultate wie die oben angegebenen sich erzielen lassen, durften bei den Versuchskesseln pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde nicht mehr als etwa 25 Kilo Kohlen verbrannt werden. Man erhielt bei einem Verhältnisse von Rostfläche zur Heizfläche von 1:20 dann eine Verdampfung von $\frac{7{,}25}{20} = 8{,}75$ Kilo Wasser pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde.

Es sind dies sehr niedrige Zahlen, wie sie in der Praxis nur selten sich erreichen lassen, weil dafür die Kesselanlagen nicht ausreichen.

Bei stärkerer Forcierung der Kessel werden die Resultate weniger günstig; jedoch ist der Unterschied zunächst noch nicht sehr groß. Bis 50 Kilo Kohlen lassen sich pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde auch bei mageren Kohlen in eben angegebener Weise noch recht gut verbrennen, namentlich wenn man das Verhältnis der besseren Sorten zum Staub etwas erhöht. Bei 50 % Nußkohle (oder Briquetts aus mageren Kohlen) und ebenso viel magere Grußkohle unter 10 Millimeter Korngröße läßt sich noch ein Verdampfungseffekt von 5,6 bis 5,8 Wasser pro Kilo rohe Kohle erzielen, dabei erhält man pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde 14,25 Kilo verdampftes Wasser.

Muß man noch mehr forcieren, so werden dann die Resultate rasch viel ungünstiger. Es wurde erreicht bis 75, ja 80 Kilo magere Kohle pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde zu verbrennen (für Flammkohle ist dies bekanntlich etwa erst die Normalziffer!). Aber dann wurde ein Verdampfungseffekt von nur 4,5 pro Kilo rohe Kohle und 18 Kilo pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde erreicht. Fragen wir nun wodurch dieser soviel ungünstigere Effekt herbeigeführt wurde, so werden hierauf die folgenden Beobachtungen ganz bestimmten und klaren Aufschluß geben.

Durch eine große Anzahl von Temperaturmessungen wurde zunächst konstatiert, daß die Temperatur der abziehenden Gase bei schwachem Betriebe (25 bis 35 Kilo pro Quadratmeter und Stunde) nur 150° bis 200°, bei mittlerer Verbrennung von 50 Kilo pro Quadratmeter und Stunde 220° bis 260° und auch bei dem, was man sehr forcierten Betrieb nennen kann (78 bis 80 Kilo pro Quadratmeter und Stunde), nur 280° bis 350° betrug. Bekanntlich kommen bei Anwendung flammender Kohle viel höhere Temperaturen vor, und es wurden solche von 400 bis 450° konstatiert, in einem Falle, wo mit vorzüglicher Flammkohle und bei offenem Mannloch Verdampfungsversuche angestellt und noch ein Verdampfungseffekt von 7,5 Kilo Wasser pro Kilo Kohle erzielt wurde. Also kann die Temperatur von 280° bis 350° nicht die Ursache des so sehr reduzierten Verdampfungseffektes bei forciertem Betriebe sein.

Zahlreiche Analysen der Verbrennungsprodukte haben ergeben, daß es bei ruhigem und selbst auch bei mäßig forciertem Betriebe der Kessel leicht ist, die Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte so zu halten, daß sie 10 bis 16 % Kohlensäure, also nur 10 bis 4 % freien Sauerstoff enthalten und doch ganz frei von Kohlenoxydgas sind. Letzteres fängt an bei 15 bis 16 % Kohlensäure sich einzustellen und wurde bei 18 % Kohlensäure mehrfach beobachtet. Gerade bei Cornwallkesseln ist es, namentlich wenn sie in größeren Batterien zusammenliegen, viel leichter, den Gehalt der Verbrennungsprodukte an freiem Sauerstoff auf ein Minimum zu reduzieren, als man früher glaubte und man meist annimmt. Es wurde dies durch mindestens 200 Analysen festgestellt, und es ist ja klar, daß falsche Luft hierbei fast gar nicht eindringen kann.

Bei forciertem Betriebe fällt der Kohlensäuregehalt wohl öfters unter 10 %, kann aber im Mittel doch immer noch zu 9 bis 10 % angenommen werden. Hiernach ist klar, daß auch hierin die Ursache des so bedeutend geringen Effektes bei forciertem Betriebe nicht liegen kann. Als solche wurde mit Bestimmtheit der Umstand ermittelt, daß bei forciertem Betriebe die staubförmige Anthracitkohle gar nicht verbrannt wird.

Bei ganz ruhiger Verbrennung (25 Kilo pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde) haben genaue Wägungen 21,5% der aufgegebenen rohen Kohle als unverbrannte Rückstände ergeben. Berücksichtigt man, daß die verwendete staubige und unreine Kohle 15 bis 16% Asche enthielt, so waren also hier in den Verbrennungsrückständen 6% reine Kohle oder unter Berücksichtigung des Aschengehaltes etwa 7% rohe Kohle, sodaß von den 50% Staubkohle in der Verbrennungskohle 43% wirklich verbrannt wurden. Auf die wirklich verbrannte reine Kohle reduziert, stellt sich der Effekt auf 8,9 Kilo verdampftes Wasser pro Kilo verbrannte aschenfreie Kohle.

Bei mäßig forciertem Betriebe stellten sich 37 bis 38% Rückstände heraus. Hierin waren also nunmehr bereits 21 bis 22% unverbrannte reine Kohle enthalten oder rund 25% rohe Kohle, sodaß von den 50% Staubkohle nunmehr schon die Hälfte unverbrannt durchfiel. Auf reine Kohle reduziert ergab sich der Verdampfungseffekt zu 9,2 bis 9,5 Kilo Wasser pro Kilo verbrannter Kohle.

Bei stark forciertem Betriebe endlich (80 Kilo Kohle pro Quadratmeter Rostfläche und Stunde) stellten sich 52% Aschenrückstände heraus, in welchem also 36% unverbrannte reine Kohle oder 42% rohe Kohle waren. Von den aufgegebenen Staubkohlen wurde also nur ein kleiner Teil wirklich verbrannt; der allergrößte Teil fiel durch das häufige Schüren und Reinigen der Feuer unverbrannt durch den Rost. Merkwürdiger Weise hat sich auf reine Kohle reduziert ein Verdampfungseffekt von 9,8—10,0 Kilo pro Kilo Kohle ergeben.

Der Grund dieses auffallend hohen Effektes scheint nur darin liegen zu können, daß bei dem stark forcierten Betriebe die Verluste durch Strahlung und Leitung relativ viel geringer sind als bei dem weniger forcierten oder gar bei dem schwachen Betriebe. Außerdem aber mag auch das mechanisch mitgerissene Wasser wesentlich mit dazu beitragen, denn die Versuche für forcierten Betrieb wurden ausschließlich bei dem regelmäßigen Maschinenbetriebe gemacht, nicht bei offenem Mannlochdeckel, wobei aber große Dampfsammler und ein sehr ruhiger Maschinenbetrieb das Mitreißen von Wasser möglichst ausschlossen.

Ganz interessante Resultate haben auch die Zugmessungen ergeben. Es wurde dabei konstatiert, daß bei mageren Kohlen der Zug kaum zu stark sein kann. Obige Zahlen beziehen sich auf Kesselanlagen, bei welchen die Depression in den Kesselzügen etwa 14 bis 18 Millimeter Wassersäule beträgt. Bei einer anderen wurden 21 bis 22 Millimeter Wassersäule Depression in den Kesselzügen gefunden, und hierbei konnten 50 Kilo Kohle pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche noch als Normalquantum verbrannt werden mit einer Verdampfung von 7 Kilo Wasser pro Kilo Kohle, während bei 80 Kilo pro Stunde und Quadratmeter noch ein Effekt von 5,7 Kilo Wasser pro Kilo Kohle erzielt wird.

Weiter hat sich gezeigt, daß die Depression fast ganz unverändert bleibt bis auf den Rost, natürlich unter der Voraussetzung genügend weiter Züge. Gewöhnlich wurden auf dem Roste nur etwa 2—3, ausnahmsweise allerdings auch 6—7 Millimeter weniger als am Fuchs gefunden. Es wird also fast die ganze Energie des Zuges dazu benutzt, um die Verbrennungsluft durch das auf dem Roste liegende Brennmaterial hindurchzuziehen, und es ergiebt sich daher evident, weshalb der stärkere Zug soviel bessere Verdampfungsresultate liefert. Es braucht eben dabei zur Erzielung des gleichen Verbrennungseffektes nicht so oft geschürt zu werden, und es wird daher ein

geringeres Kohlenquantum unverbrannt herausgezogen. Um zu konstatieren, wie unter gleichen Verhältnissen sich gasreiche Brennmaterialien verhalten, wurde auch gute Flammkohle und Briquetts, beide mager, d. h. nicht backend, auf denselben Rosten und in denselben Kesseln versucht.

Hierbei zeigte sich, daß die Verbrennung mit Leichtigkeit auf 110 Kilo pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche gesteigert werden konnte, daß bei noch über 7 Kilo Wasser pro Kilo rohe Kohle verdampft wurden, obgleich dann die Gase mit 400 bis 450° Wärme abzogen, und daß die Depression vom Fuchs bis auf den Rost sich nicht nur sehr stark vermindert, sondern daß auch leicht unmittelbar nach dem Aufgeben effektiver Überdruck auf dem Roste herrschte, jedenfalls infolge der stürmischen Entwickelung von Gasen unmittelbar nach Aufgabe frischer Kohle bei sehr hoher Temperatur auf dem Roste. Hierbei betrug die Verdampfung pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde 38,5 Kilo Wasser.

Die Thatsachen beweisen, wie durchaus verschieden das Verhalten von magern anthracitischen und den sonstigen sogenannten mageren Kohlen ist, wie daher auch deren Behandlung eine ganz verschiedene sein muß.

B. Vergleich der Betriebsresultate verschiedener Kesselsysteme mit Berücksichtigung der Anwendung der Gasfeuerung.

Von E. Tomson.

In einem im Auftrage des Vorstandes des Aachener Bezirksvereines über den damaligen Zustand der die Gasfeuerungen für Dampfkessel betreffenden Frage erstatteten Bericht, hat Herr de Boischevalier in der Sitzung vom 6. Februar 1878 einige Versuche mitgeteilt, welche in dieser Richtung gemacht waren. Seitdem waren diese Versuche fortgesetzt, welche maßgebende industrielle Resultate ergeben haben, wie aus nachstehendem zu ersehen.

Cornwallkessel durch die Gase eines davor stehenden Generator geheizt.

(Figuren 30—32).

Die Anlage sowie ihre Maße sind durch folgendes bedingt worden: 1) durch das anzuwendende Kesselsystem, 2) durch die Qualität der zur Verbrennung bestimmten Kohle, 3) durch den verfügbaren Raum. Wie schon damals gesagt, liefert die während der Versuche verwendeten Kohle ungefähr 25% Verbrennungsrückstände und gehört zur Kohlengattung, welche 1/7 flüchtige Bestandteile enthalten.

Das Heizvermögen dieser von Asche befreiten Kohle beträgt 9500 Kalorien.

Da erfahrungsmäßig unsere Cornwallkessel 1,5 Kilo solcher Kohle pro Quadratmeter Heizfläche erfordern, wurde vorausgesetzt, daß, um dasselbe Quantum Dampf durch Gasfeuerung zu erzeugen, 25% weniger Kohle erforderlich sein würden, d. h. 1,22 Kilo Kohle pro Quadratmeter Heizfläche, nach welcher Zahl die Maße der Feuerung gerechnet wurde.

Da die Heizfläche des Kessels 100 Quadratmeter beträgt, mußten für den Generator auf 122 Kilo Kohle mit 25% Verbrennungsrückständen gerechnet werden, somit 92 Kilo reine Kohle. Wegen des starken Aschengehaltes ist die Rostfläche nach einem Konsum von 1/2 Kilo roher Kohle pro Quadratdezimeter und Stunde gerechnet worden.

Um die Leistung des mit Gas geheizten Kessels mit demjenigen der ähnlichen mit gewöhnlichem Roste geheizten Kessel zu vergleichen, wurden seit dem 16. September 1877 bis Ende 1879 wiederholte Verdampfungsversuche an beiden Systemen angestellt.

Da die Kessel gemeinschaftlich derselben Maschine den Dampf lieferten, konnte nur durch die in der Tabelle I angegebene Verfahren und Resultate die neue Heizungsart beurteilt werden.

Aus dem Vergleich der Resultate der Versuche 1 bis 32 der Tabelle XXXVI ergiebt sich:

1) Daß das Quantum verdampftes Wasser pro Kilo trockene Kohle auf 10% Asche zurückgeführt um 2,04 Kilo an dem mit Gas geheizten Kessel größer ist als an dem Kessel mit gewöhnlichem Roste. Der Nutzeffekt von 1 Kilo Kohle ist also in der Gasfeuerung um 27% höher als bei gewöhnlichem Roste.
2) Die Wärmemenge, welche die Gase, sobald sie die Heizfläche des gewöhnlichen Kessels verlassen, mit sich nehmen, ist um 11,61% der durch die Verbrennung entwickelten Wärmemenge höher als bei der Gasfeuerung.
3) Die Verdampfung pro Quadratmeter Heizfläche des Kessels Nr. 4 ist 7% geringer als bei den Kesseln Nr. 1 und 2, wenn die Verdampfungsprodukte in beiden Systemen den Kessel mit derselben Temperatur verlassen.

Wenn wir die durch die Gasfeuerung erzielte Ersparnis pro 1000 Kilo erzeugten Dampfes rechnen, müssen wir folgendes in Rechnung bringen:

1) Die Kostenersparnis auf das Quantum verbrauchten Brennmaterials.
Um 1000 Kilo Dampf zu erzeugen sind erforderlich an

Kohlen mit 10% Asche am gewöhnlichen Kessel . .	132,4 Kilo
an Kesseln mit Gasfeuerung	104,3 Kilo
Unterschied	28,1 Kilo.

Vom 16. September 1877 bis zum 31. Dezember 1879 ist der Kessel 616 Tage in Thätigkeit geblieben. Er hat zum Putzen des Innern 21 mal außer Feuer gesetzt werden müssen und ist durchschnittlich jedesmal 28 Tage lang im Gang geblieben.

Wenn man als durchschnittliches Quantum des verdampften Wassers dasjenige annimmt, was sich aus den Versuchen ergiebt, finden wir für 24 Stunden 22000 Kilo, mithin in 616 Tagen . . . . . 13552 t

Die auf die Kohlen erzielte Ersparnis war daher 380811 Kilo d. h. . . . . 380 t.

Wenn man annimmt, daß eine trockene Kohle, welche nur 10% Verbrennungsrückstände giebt und eine hohe Heizkraft besitzt, 10 Mark pro Tonne kosten wird, so beträgt die Gelderspanis auf die Kohlen . 3800,00 Mark

2) Die Zinsen und die Amortisation der immobilisierten Summe. Der Bau des Generators, des Brenners, der Verbrennungskammer nebst Zubehör kostete . . . . 1550,00 „

Wenn man für Zinsen und Amortisation dieser Summe 10% jährlich rechnet, findet man vom 16. September 1877 bis 31. Dezember 1879, also während 825 Tage . . . 354,64 „

3) Die Unterhaltungskosten betrugen im Laufe dieser Zeit . . . . 288,86 „

4) Die wichtigen Reparaturen am Ende der Kampagne betrugen . . . . 628,00 Mark

Von dieser Summe müssen die entsprechenden Amortisationskosten zu 2) abgezogen werden mit . . . . 71,02 „

bleibt 556,98 Mark

5) Die Kostenvermehrung, welche aus dem Umstande herrührt, daß man zur Verdampfung desselben Quantums Wasser über eine größere Heizfläche verfügen muß. Gegen 100 Quadratmeter Heizfläche bei gewöhnlichen Cornwallkesseln sind bei den Kesseln mit Gasfeuerung 107,64 Quadratmeter erforderlich. Wenn man nun die Anlagekosten eines Kessels von 107,64 Quadratmeter Heizfläche schätzt zu . . . . 8560,00 Mark

dieselbe für 100 Quadratmeter . . . . 8000,00 „

so ergiebt sich für die aus dem Kessel selbst entstehende Kostenvermehrung . . . . . 560,00 Mark

Die Zinsen und Amortisationskosten dieser Summen mit 10% während 825 Tagen betragen . . . . . . 128,28 Mark

6) Die Unterhaltung der Roste, die Tagelöhne, das Putzen der Kanäle und des Kessels, welche Kosten in beiden Systemen sich ungefähr ausgleichen.

Zusammen 1328,76 Mark.

Die Ersparnis der Kohlen beträgt	3800,00	Mark
Die aus der Gasfeuerung entstehende Kostenrechnung	1328,76	„
Erzielte Ersparnis im ganzen	2471,24	Mark
d. h. pro 1000 Kilo Dampf	0,182	„

Die Verdampfungskosten von 1000 Kilo bei dem gewöhnlichen Cornwallkesseln, das Tagelohn nicht einbegriffen, betragen:

1) Für verbrauchte Kohle zu 10 Mark pro Tonne . .	1,32	Mark
2) Für Zinsen und Amortisation eines Kessels im Werte von 10 000 Mark, welcher jährlich 296 Tage in Thätigkeit bleibt und im ganzen 7064 t Wasser verdampft	0,14	„
3) Für Unterhaltungskosten des Rostes	0,017	„
Mithin im ganzen	1,477	Mark.

Die aus der Gasfeuerung erzielte Ersparnis ist daher 12,38% der sowohl aus den verbrauchten Kohlen als aus der eigentlichen Einrichtung des Dampferzeugers entstehenden Kosten.

Dieses Resultat rührt aus einer ersten Kampagne her.

Wir sind überzeugt, daß infolge der im Bau der Generatoren und der Brenner gewonnenen Erfahrung die Reparatur- und Unterhaltungskosten in der Zukunft halb so groß wie in der Versuchsperiode sein werden, wodurch die Ersparnis sich auf 15% erhöhen wird.

Als Vorteile des Gasfeuerungssystems unter den Bedingungen, denen man bisher bei der Anwendung der Cornwallkessel begegnete, kann man annehmen:

1) eine Ersparnis von mindestens 15% auf die Kosten der Dampferzeugung, welche sowohl aus der Quantität der verbrauchten Kohlen als aus den Reparaturen und Amortisation der Anlage entsteht;

2) eine regelmäßigere Verdampfung;
3) eine längere Dauer des Kessels. Die durch die Stichflammen und durch die plötzlichen Temperaturveränderungen in den Kesseln mit gewöhnlicher Feuerung verursachten Veränderungen werden in diesem System gänzlich vermieden;
4) die Möglichkeit, unter vorteilhaften Bedingungen feine Kohlen schlechter Qualität zu verwenden:
5) im Fall man eine neue Anlage einrichten will, eine Ersparnis auf Bau der Kamine, deren Höhe und Querschnitt geringer sein dürfen. Zudem kann man des Vorteils erwähnen, in besonderen Fällen die in den abziehenden verbrannten Gasen enthaltene Hitze größtenteils benutzen zu können. Man kann diese Vorteile nur unter der Bedingung ausnutzen, daß die Kessel in ihrem Gange nur kurzen Stillständen unterworfen sind und nur selten außer Betrieb gesetzt werden.

Anmerkungen zu Tabelle XXXVI.

Die Dampfspannung ist während der Versuche zwischen 0,5—0,8 Atm. Überdruck geblieben.

Form und Maße der drei Kessel sind gleich. Dieselben bedienen eine Wasserhaltungsmaschine, welche ohne Unterbrechung arbeitet. Der Dampfraum der Kessel ist sehr groß.

Durch hydrotimetrische Versuche des Kesselwassers sowie des kondensierten Dampfes ist konstatiert worden, daß ein gleiches Quantum Wasser mit Dampf aus jedem Kessel fortgeschleppt wird.

Die Speisung geschieht durch von der Wasserhaltungsmaschine getriebene Pumpe, vermittelst deren das Volumen des verdampften Wassers gemessen worden ist. Vor jedem Versuche wurde der Zustand dieser Pumpen sorgfältig geprüft. Übrigens sind dieselben sehr groß und wirken mit einer sehr geringen Saughöhe. Das von ihnen gelieferte Wasservolumen ist mehremale während jeden Versuches gemessen worden, und zwar indem man das aus einigen Hüben herrührende Wasser ungefähr unter dem Kesseldruck in ein geaichtes Reservoir fließen ließ. Bei dieser öfters wiederholten Operation hat man unter den gelieferten Volumen keine Abweichung über 1% gefunden. Ein Hubzähler war an der Pumpe angebracht.

Der Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Niveau des Wassers im Kessel betrug während der Dauer der Versuche 10 Zentimeter. Die Kohlen wurden mit einer Dezimalwage und zwar jedesmal 1 Zentner gewogen.

Der Durchschnitt der Analysen ist einer großen Anzahl mit dem Orsat-Apparat (durch Salleron modifiziert) ausgeführten Analysen entnommen, welche nicht allein während der Verdampfungsversuche, sondern öfters beim laufenden Betriebe der verschiedenen Kessel gemacht worden sind. Da solche Apparate im allgemeinen mit einem todten Raum von 5,5% arbeiten, so sind die Resultate nicht absolut genau, sondern als vergleichsweise Resultate zu betrachten.

Die Temperatur am Schieber wurde mit einem dazu eigens von den Untersuchungs-Ingenieuren konstruierten Apparates gemessen, welcher aus einem in einer mit Sand gefüllten kupfernen Scheide eingeführten Quecksilber-Thermometer besteht, dessen Graduation durch einen Schlitz der Scheibe abgelesen werden kann. Die angegebenen Resultate sind Durchschnittszahlen.

Ebenfalls war zur Messung der Zugkraft auf 1/10 Millimeter Wassersäule ein besonderes Alkohol-Manometer konstruiert.

Vergleich der Leistung verschiedener Dampfkesselsysteme.

In Tabelle XXXVII sind die bei verschiedenen Kesselsystemen erzielten Resultate zusammengestellt. Aus den darin enthaltenen Analysen und Verdampfungsversuchen kann man folgendes schließen:

1) Ein sehr wesentlicher Verlust rührt her aus dem Zufluß der kalten Luft in die Kanäle der Kessel mit gewöhnlicher Feuerung. Dieser Verlust ist besonders für solche Kessel bedeutend, wo eine Kohle verbraucht wird, die einen starken Zug erfordert.

2) Die Analysen Nr. 1 bis 16, Tabelle XXXVI und 1, 2, 3, 4 und 6, Tabelle XXXVII, zeigen, daß, welches Kesselsystem auch angewandt wird, entweder mit innerer Feuerung oder mit äußerer Feuerung, jedoch bei direkter Berührung der Gase mit den metallischen Wänden des Wasserraumes, der Luftüberschuß in den Verbrennungsprodukten am Ende des ersteren Kanals annähernd derselbe bleibt. In den Kesseln mit inneren Röhren kann dem ersteren Gasstrome keine Luft zufließen; man kann daher annehmen, daß das durch den Rost streichende Quantum Luft in diesem Falle größer ist als dasjenige, welches durch den Rost der äußeren Feuerung eintritt. Diesen Umstand kann man dadurch erklären, daß, weil die Gase im ersteren Falle direkt in Berührung mit kalten Wänden kommen, die Heftigkeit der Verbrennung auf dem Roste selbst erhöht werden muß, und zwar durch einen größeren Luftüberschuß als bei den Kesseln mit äußerer Feuerung, deren Wände teilweise aus feuerfestem Material bestehen und eine höhere Temperatur am Feuer behalten. Der Luftüberschuß bleibt daher am Ende der Heizfläche in den verschiedenen Systemen sich ziemlich gleich.

Die größere Leistung der Kessel mit innerer Feuerung ist also lediglich dem geringeren Wärmeverluste durch die Mauerwände zuzuschreiben.

Die Galloway-Kessel, welche den Gasen eine größere Heizfläche bieten, ehe dieselben die nicht in Berührung mit dem Wasserraume befindlichen Mauerwände erreichen, bieten einen wesentlichen Vorteil über die Cornwallkessel.

3) Der Versuch mit Unterwind im Kesselsystem Havres hat eine größere Leistung als mit gewöhnlichem Zuge ergeben. Diese Vermehrung der Leistung ersetzt höchstens die Kosten des Unterwindes und entspricht nicht der durch die Verminderung des Luftüberschusses in den Verbrennungsprodukten erzielten Ersparnis. Diesem Umstande kann man zweierlei Ursachen zuschreiben:

a) Der Druck der Gase in der Feuerung hindert den Luftzutritt durch den vorderen Teil und die Thüren, welche dadurch eine höhere Temperatur erreichen; daraus entsteht eine größere Ausstrahlung der Hitze nach außen.

b) Der Unterwind unter einer ziemlich dicken Schicht der Kohlen bildet Gase, welche nicht genug Luft für ihre vollständige Verbrennung finden bei der verhältnismäßig geringen Temperatur, welche sie in Berührung mit den metallischen Wänden des Kessels behalten. Um diesen Übelstand zu heben, müßte man ein gewisses Quantum Luft oberhalb der Kohle einblasen; nun paßt aber der Injektor nicht dazu, weil er sehr feuchte und infolge dessen zur Verbrennung schlecht geeignete Luft liefert. Jedoch ist zu bemerken, daß dies Urteil über die Wirkung des Injektors unterhalb des Rostes nur bei solchen Kesseln und unter solchen Bedingungen zutrifft, wie sie zu diesen Versuchen vorhanden gewesen sind. Wenn der Zug am Kamin zu gering ist,

auch wenn Gelegenheit vorhanden, die Wärme auszunutzen, welche die den Kessel verlassenen verbrannten Gase noch enthalten, schließlich, wenn das angewandte Kesselsystem nicht gestattet, Roste anzuordnen, deren Größe für die zu verbrennenden Kohlen genügt, kann der Injektor von großen Nutzen sein.

4) Aus den Versuchen Nr. 7 und 8 kann man schließen:

a) daß auf einem gewöhnlichen Roste zwischen Wänden aus feuerfestem Material die Verbrennung mit dem geringsten Luftüberschuß geschieht. Ist die Leistung bei den Versuchen Nr. 7 nicht höher gewesen, so liegt die Ursache davon in dem Wärmeverluste durch die sehr dünnen Wände der Feuerung. Der Versuch Nr. 8 hat ganz andere Resultate ergeben. Dadurch, daß die Dicke der feuerfesten Wände der Feuerung die Wärmeausnutzung nach außen hinderte, ist die Leistung bedeutend vermehrt worden. Dieses System scheint daher am einfachsten und billigsten zu sein. Die Dicke der Wände bietet jedoch einen Übelstand; die Temperatur der Feuerung ist nämlich so hoch, daß das feuerfeste Material in Berührung mit der Asche und den Schlacken sehr rasch angegriffen wird. Die Reparaturkosten und Betriebsstörungen lassen für das System keine Ersparnis übrig.

Aus obigem kann man schließen, daß bei jeder an der Heizung der Dampfkessel anzubringenden Verbesserung folgende Ziele erstrebt werden müssen:

1) Die Verbrennung der Gase oder des Brennmaterials soll in einem Raume aus feuerfestem Material mit dünnen, durch den Wasserraum des Kessels abgekühlten Wänden geschehen.

2) Ein gewisser Druck der Gase muß in den Kanälen dadurch erhalten werden, daß der Luftzug nach dem Roste durch die Bewegung der Gase, ehe dieselben die Kesselbleche berührt haben, veranlaßt wird.

3) Die Gaszirkulation ist in den Kanälen zu vermeiden, deren Wände nicht ihre ganze Wärme an das Kesselwasser übertragen.

4) Wenn auch nicht durch die Versuche direkt nachgewiesen wird, ist doch noch zu empfehlen, die Heizfläche so einzurichten, daß der Gasstrom soviel wie möglich verteilt wird, jedoch so, daß er frei und mit einer geringen Geschwindigkeit zirkulieren kann.

Sämtliche Bedingungen müssen zugleich erfüllt werden.

Anmerkung zu Tabelle II. Die Dampfspannung ist während der Versuche geblieben auf: Nr. 1 mit 3,75, Nr. 2 mit $^3/_4$, Nr. 4 mit 4, Nr. 5 mit 4, Nr. 6 mit 3,75, Nr. 7 mit $^3/_4$, Nr. 8 mit $^3/_4$ Atm. Überdruck.

Die auf die Versuche bezüglichen Anmerkungen der Tabelle I gelten auch für die Tabelle II.

Am Kessel Nr. 3 sind keine Verdampfungsversuche gemacht worden, weil die Speisepumpe mit einer zu großen Saughöhe arbeitet, als daß man zuverlässige Volumenmessungen vornehmen könnte.

Der Punkt, wo die Gase am Ende des letzten Zuges genommen worden sind, ist immer wenigstens 1 Meter vom Schieber entfernt und vor demselben gewählt worden. Bei Nr. 5 stand der Schieber so hoch, daß kein Überdruck in den Zugkanälen stattfinden konnte. Einige vorhandene Risse wurden sorgfältig verschmiert.

Vergleichender Versuch an einem Zylinderkessel mit Unterkessel mit der Ebeling'schen Gasfeuerung und einer gewöhnlichen Planrost-feuerung mit Kohlen der „Friedenshoffnung-Grube“ in Hermsdorf bei Waldenberg in Schlesien.

Tabelle XXXVIII.
A. Versuch mit Ebelings Gasfeuerung.

	I	II.	III.
Zeitdauer des Versuchs	10 Stunden	10 Stunden	10 Stunden
Heizfläche des Dampfkessels . . .	38,2 □Meter	38,2 □Meter	38,2 □Meter
Größe der totalen Rostfläche . .	2,2 □Meter	2,2 □Meter	2,2 □Meter
	Straßenflöz: Kleinkohle	II. Flöz: Kleinkohle	III. Flöz: Kleinkohle
Verbrauchte Steinkohle bei der Gasfeuerung in Kilo	1119	1150	1132
Verdampfte Wassermenge in Kilo von 0—100°	10 599	10 556	10 202
1 Kilo Steinkohle verdampfte Kilo Wasser	9,43	9,18	9,01
1 □Meter Rostfläche verbrannte in 1 Stunde Kilo Steinkohlen	50,8	52,2	51,4

Tabelle XXXIX.
B. Versuch mit Planrostfeuerung.

	I.	II.	III.
Zeitdauer des Versuchs	10 Stunden	10 Stunden	10 Stunden
Heizfläche des Dampfkessels . . .	38,2 □Meter	38,2 □Meter	38,2 □Meter
Größe der totalen Rostfläche . .	2,25 □Meter	2,25 □Meter	2,25 □Meter
	Straßenflöz: Kleinkohle	II. Flöz: Kleinkohle	III. Flöz: Kleinkohle
Verbrauchte Steinkohle auf dem Planrost in Kilo	809	875	890
Verdampfte Wassermenge in Kilo von 0—100°	5916	6206	6340
1 Kilo Steinkohle verdampfte Kilo Wasser	7,3	7,09	7,12
1 □Meter Rostfläche verbrannte in 1 Stunde Kilo Steinkohlen	35,95	38,88	39,55
Demnach wurde bei der Generatorfeuerung an Wasser mehr verdampft	29%	29%	26%.

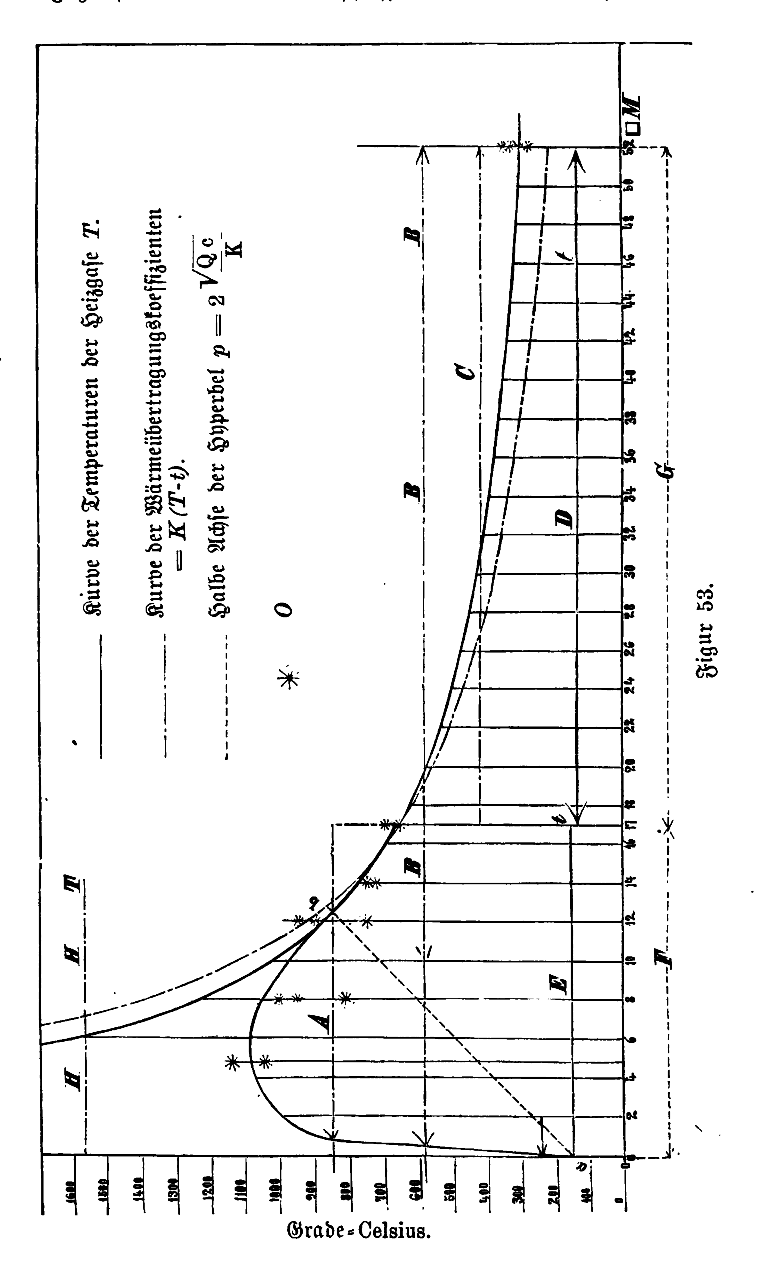
Beitrag zur Berechnung von Dampfkessel-Anlagen.

Von den Inspektoren Al. Bock und Peter Zwiauer in Brünn.

Figur 53.

Im Jahre 1877 erschien in der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ eine neue Dampfkesseltheorie von Professor R. R. Werner, und der Verfasser sagt in der Einleitung, daß leider Theorie und Praxis in der Technik

selten völlig übereinstimmen und man sehr froh sei, eine ziemliche Übereinstimmung zu finden. Beim Dampfkesselbetriebe aber, d. h. dort, wo der-



Figur 53.

selbe einer Untersuchung unterzogen wird, stimmen viele Beobachtungen mit der Rechnung nicht einmal „so ziemlich" überein, wie Jeder bemerkt haben wird, der sich mit der Berechnung derartiger Untersuchungen einmal beschäftigt hat.

In dem Bericht über die Versammlung des Verbandes der Kesselvereine in München 1876 ist von Professor Linde in München eine Methode angegeben worden, um durch Rechnung die einem Kesselfeuer zugeführte Luftmenge zu bestimmen. Es werden die Temperaturen t_1 und t_2 des Speisewassers und T_1 und T_2 der Heizgase am Anfang und am Ende des Vorwärmers beobachtet und man kann dann bei Kenntnis der stündlichen Speisewassermenge und der Heizfläche des Vorwärmers das stündliche Gewicht der Essengase berechnen. Es ist nämlich die von den Heizgasen per Stunde an den Vorwärmer abgegebene Wärmemenge

$$M = Q\,c\,(T_1 - T_2), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

worin Q das Gewicht der Heizgase in Kilogramm per Stunde und c deren spezifische Wärme bei konstantem Druck bedeutet. Die von den Heizgasen abgegebene Wärmemenge muß aber ihrer Hauptsache nach gleich der vom Vorwärmer aufgenommenen Wärmemenge sein, welche sich durch die Formel ausdrücken läßt

$$M = W\,(t_2 - t_1) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Es ist somit das per Stunde austretende Heizgasgewicht

$$Q = \frac{W\,(t_2 - t_1)}{c\,(T_1 - T_2)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

In dem Werke „Technologie der Wärme", von Ferrini-Schrötter, ist die Redtenbacher'sche Formel für den Wärmedurchgang durch Kesselwandungen angegeben,

$$dM = K \cdot F \cdot dF \text{ und } M = KF \cdot F_2 \operatorname{logn} \frac{T_1}{T_2} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

wobei K ein konstanter Faktor ist, der die Wärmemenge vorstellt, welche per Heizflächeneinheit und Grad Temperaturdifferenz zwischen Heizgas und Kesselinhalt übertragen wird. Redtenbacher giebt den Wert desselben mit K = 23—25 an, während Péclet denselben auf K = 30 normiert hat.

Es erweckt gewiß Mißtrauen, wenn ein konstanter Faktor so verschiedene Werte annimmt und von vornherein so bedeutende Differenzen gestattet. Allein nicht einmal diese Schmiegsamkeit gestattet eine „so ziemliche" Übereinstimmung mit der Praxis und kann nur für gewisse Fälle als Durchschnittswert gelten.

Ferrini giebt weiter an, man könne für die Rechnungen der Praxis genau genug den Redtenbacher'schen Wert $T_2 \operatorname{logn} \frac{T_1}{T_2}$ durch das arithmetische Mittel der beiden Temperaturen T_1 und T_2 ersetzen und somit schreiben für

$$K \cdot F \cdot T_2 \operatorname{logn} \frac{T_1}{T_2} = cQ \cdot (T_1 - T_2) \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

$$K \cdot F \cdot \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - t\right) = cQ\,(T_1 - T_2) \quad \ldots\ldots \quad (5a)$$

Diese Gleichung muß ihre Giltigkeit haben für jeden auch noch so verschieden großen Heizflächenteil, und man ist daher im stande, für jeden Heizflächenteil die übertragene Wärmemenge, oder wenn die Gleichung bekannt ist, eine andere Größe dieser zu bestimmen. Die Gleichung 5a wurde auch bei der Ausarbeitung der Resultate der in der Schlappanitzer Zuckerfabrik durchgeführten Heizversuche benutzt.*)

Es wurden hierbei die Temperaturen am Anfang und am Ende der Unterkessel gemessen und wir fanden, daß, die Richtigkeit der Gleichung 5a

---

*) Siehe Jahrgang IV, Nr. 8 der Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungsgesellschaft a. G. in Wien.

vorausgesetzt, der Koeffizient K für Ober- und Unterkessel unmöglich gleich sein könne. Es ergab sich damals für die Oberkessel K = 43·56, 43·13, 40·20, 41·64 und für die Unterkessel K = 14·10, 13·90, 11·50, 13·60, und man kann wohl leicht einsehen, daß so verschiedene Werte sich unmöglich in eine Form bringen lassen werden.

Es mag hier gestattet sein, zu erwähnen, daß der Wert von Redtenbacher K = 23 für eine mittlere Temperaturdifferenz zwischen Heizgas und Kesselinhalt von zirka 300° und der Péclet'sche Wert K = 30 für eine mittlere Temperaturdifferenz von 400° berechnet erscheint.

Die mit großer Umsicht durchgeführten und überaus wertvollen Versuche des Magdeburger Vereins für Dampfkesselbetrieb veranlaßten eine Mitteilung des Direktors R. Weinlig in dem Bericht, wonach der Koeffizient K für verschiedene Kesselsysteme außerordentlich verschieden sei, z. B. für horizontale Röhrenkessel K = 20, für Doppelkessel K = 22, für Einflammrohrkessel K = 30 und für Zweiflammrohrkessel endlich K = 36.

Es ist nun eigentlich nicht anzunehmen, daß der Koeffizient, der den Wärmedurchgang durch die Heizflächeneinheit darstellt, so sehr verschieden sein sollte, und es erschien uns namentlich die Annahme, daß derselbe bei Kesseln mit Unterkesseln zwei verschiedene Werte annehmen sollte, nicht plausibel genug.

Denn setzen wir den Fall, wir hätten einen Kessel vor uns, dessen Ober- und Unterkessel völlig gleiche Dimensionen hätten; warum sollte da der obenliegende Kessel ein anderes Wärmedurchgangsvermögen haben, als der untenliegende? Man könnte ja das ganze System umkehren, und was würde dann bewirken, daß die dem Kessel anhaftenden Koeffizienten K = 43 und K = 14 plötzlich ihre Plätze vertauschten?

Wir suchten vor allem das Gesetz der Temperaturabnahme der Heizgase darzustellen und dies sollte uns dahin führen, die Verhältnisse richtiger zu beurteilen. Es zeigte sich bald, daß die Temperatur der Gase proportional der bestrichenen Heizfläche sei, d. h., daß für irgend einen Kessel F (T — t) = Konst. sei, wobei F die von den Heizgasen bestrichene Kesselfläche bis zu irgend einem Querschnitte und T die Temperatur der Heizgase in eben diesem Querschnitte und t die Temperatur des Kesselinhaltes ist. Stellt man diese Gleichung graphisch dar, so erhält man die vorstehende Figur, in welcher die Heizfläche die Ordinate, die zugehörigen Temperaturen die Abcissen sind. Es erhellt hieraus sofort, daß die Linie eine gleichseitige Hyperbel ist und die Temperatur des Kesselinnern eine Asymptote ist, welcher sich die Heizgastemperatur ohne Ende nähert. Die Lage der anderen Asymptote ist durch den Anfangspunkt der Heizfläche gegeben. Es ist aber auch klar, daß dieses Gesetz der Temperaturabnahme erst von jenem Punkte an giltig ist, wo der Verbrennungsprozeß vollendet ist, und wie sich dies aus mehreren Versuchen ergab, liegt dieser Punkt je nach der Luftzuführung und der Betriebsstärke 2—3 Meter hinter der Feuerbrücke. Daß dies so sein muß, erhellt ja auch aus dem Zwecke der Feuerbrücke, welche durch die Querschnittsänderung eine vollständigere Mischung und Verbrennung der Gase bewirken soll. Man kann allerdings durch mangelhafte Luftzuführung die Feuerung derart einrichten, daß viel Kohlenoxydgas in die Züge gelangt; dann ist auf die ganze Kessellänge teilweise Nachverbrennung zu erwarten, und unsere Linie hat für diesen Fall keine Giltigkeit.

Mißt man nun die Temperaturen des Kesselinhaltes und der Heizgase am Ende des letzten Zuges und kennt man die bestrichene Heizfläche, so kann

man sich die Temperaturkurve bis zu dem besprochenen Punkte verzeichnen. Die so berechneten Heizgastemperaturen stimmten mit den an mehreren Kesseln beobachteten dann sehr genau überein, wenn ein gewisser Gleichgewichtszustand in dem Feuerzuge eingetreten war und die beiden Temperaturen T_1 und T_2 gleichzeitig beobachtet wurden.

Man zeichnet für einen vorliegenden Fall zunächst eine mittlere Temperaturkurve, deren Fuchstemperatur z. B. der Mittelwert aus den beobachteten Temperaturen ist. Nun stimmen die Temperaturen an den kleineren Heizflächen dann mit der Kurve überein, wenn die gleichzeitig beobachtete Fuchstemperatur in der Nähe der mittleren verzeichneten Temperatur liegt.

Der weitere Verlauf bis zu dem Heizflächenanfang läßt sich natürlich nicht genau bestimmen; es läßt sich nur annehmen, wie dies auch bei Versuchen nachgewiesen wurde, daß die wirklichen Temperaturen mehr oder weniger unter die berechneten zu liegen kommen, und man kann sich den Verlauf wie hier gezeichnet vorstellen. Die Kurve beginnt mit der Temperatur des Kesselinnern beim Heizflächenanfang und steigt dann rasch bis zur Feuerbrücke oder noch hinter dieselbe zu ihrem Maximum an, um sich dann allmählich der Hyperbel anzuschließen, was um so früher und eher geschehen wird, je kurzflammiger die Kohle ist und je mehr Luft zur Verbrennung zugeführt wird. Es ist übrigens die Darstellung dieser Kurve für die Berechnung einer Anlage nicht nötig, indem wir Mittel gefunden haben, um dieselbe aus der Rechnung zu eliminieren.

Das Gesetz der Hyperbel ist $xy = \frac{p^2}{p}$, wobei p die halbe Achse der Hyperbel ist. Diese liegt in der Figur bei a b und ist hier $p = 2\sqrt{\frac{Qc}{K}}$, wie wir später erläutern wollen. Es war nun sofort klar, daß man, ohne einen groben Fehler zu begehen, die Formel 5a unmöglich für den ganzen Kessel anwenden könne, denn das arithmetische Mittel der Temperaturen T_1 und T_2 lag doch augenscheinlich von der wirklichen Mitteltemperatur T_m zu weit entfernt. Damit 5a richtig sei, müßte sich die Temperaturkurve in eine schräge gerade verwandeln, d. h. es müßte an jeden Heizflächenteil gleich viel Wärme abgegeben werden.

Wir benützten aber die Gleichung 5a, um aus ihr den Koeffizienten K für kleine Heizflächenteile zu bestimmen, da alle anderen in der Gleichung vorkommenden Größen bekannt waren. Es nahm hierbei, wie dies ja nicht anders zu erwarten war, K von 13·7 bis 63·3 stetig zu und sind die betreffenden Werte in der zweiten Kurve dargestellt. Das Gesetz der Bildung von k mußte offenbar mit der Temperatur der Heizgase zusammenhängen und wir bezogen K auf die Temperaturdifferenz (T—t), was uns bald einen Wert gab, der füglich und genau für konstant anzunehmen war.

Die beiden Grundgleichungen, von denen wir dabei ausgingen, waren

$$dM = cQdT \text{ und } F(T-t) = \text{Konst} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Damit diesen beiden Gleichungen Genüge geleistet wird, muß

$$dM = KdF(T-t)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

sein, und wir erhalten daraus die Gleichung $KdF = \frac{-cQdT}{(T-t)^2}$ was bei der Integration ergiebt

$$F(T-t) = \frac{cQ}{K} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

$$\text{oder } K = \frac{cQ}{F(T-t)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (9)$$

Wir ersehen hieraus, daß der Wert von K mit der zunehmenden Luftmenge wächst (und mit dem Wachsen von Q nimmt aber auch die Temperatur der Essengase T zu).

Eine Bedingung für eine günstige Ausnützung der Kesselfläche ist also eine große Luftmenge, was mit einem anderen Faktor in geradem Widerspruch steht, wie wir später zeigen wollen.

Da nun $F\,(T-t) = \frac{cQ}{K}$, so ist die Gleichung $p = 2\sqrt{\frac{cQ}{K}}$, von der wir oben, als der halben Achse der Hyperbel gesprochen gerechtfertigt.

Der Wert von K, den wir jetzt in unseren Gleichungen eingeführt haben, hat einen ganz anderen Charakter als der von Redtenbacher angegebene. Letzterer stellt sich in unserer Form dar durch $K\,(T-t)$ und ist selbstverständlich für die ganze Heizfläche variabel.

Die von den Kesselwandungen aufgenommene Wärmemenge M berechnet sich nun aus

$$M = F \cdot K\,(T_m - t)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

wobei K ein von dem Kesselsystem, dem Zustande der Berußung und Inkrustation der Heizflächen abhängiger Faktor ist.

Hat man nun die Luftmenge, die Essengastemperatur und die Heizfläche gemessen, so kann man den Koeffizienten K für jeden Kessel bestimmen. Um für einen besonderen Heizflächenteil $F_2 - F_1$ die mittlere Temperatur der Heizgase zu finden, haben wir die folgende Formel aufgestellt, in welcher

F_1 die von den Heizgasen bestrichene Heizfläche bis zur Heizgastemperatur T_1,

F_2 die von den Heizgasen bestrichene Heizfläche bis zur Heizgastemperatur T_2 ist.

Es ist dann

$$(F_2 - F_1)\,K\,(T_m - t)^2 = K\int_{F_2}^{F_1}(T-t)^2\,dF.$$

$(T-t)^2\,dF$ läßt sich aus der Gleichung $F\,(T-t) = F_2\,(T_2-t)$ darstellen und giebt:

$$(T-t)^2\,dF = (T_2-t)^2\,F_2^2\,\frac{dF}{F_2}.$$

Bei der Integration fungieren T_2, F_2 und t als konstante Größen und man erhält:

$$(F_2 - F_1)\,K\,(T_m - t)^2 = K\,(T_2 - t)^2 \cdot F_2^2 \int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F_2}$$

$$= \left[-\,K\,(T_2-t)^2\,F_2^2 \cdot \frac{1}{F}\right]_{F_2}^{F_1} = K\,(T_2-t)^2 \cdot F_2^2\left(\frac{1}{F_1} = \frac{1}{F_2}\right) =$$

$$= K \int (T_2 - t)^2 \cdot F_2^2 \cdot \frac{F_2 - F_1}{F_2\,F_1}.$$

Es ist also $(T_m - t)^2 = \frac{F_2}{F_1}\,(T_2 - t)^2$ oder

$$T_m - t = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}}\,(T_2 - t) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11)$$

Diese mittlere Temperatur ist nicht diejenige, welche sich aus der Vergleichung der Hyperbelfläche ergiebt, weil wir nicht $\int T\,dF$, sondern $\int T^2\,dF$ zu bilden hatten. Es ist das Trägheitsmoment der Hyperbelfläche in bezug auf die Linie der Dampftemperatur.

Durch Planimetrierung der Hyperbel erzielte man:

$$T_m - t = \frac{T_1 - t}{F_2 - F_1}\left[F_2\left(\frac{F_1}{F_2} + \frac{F_1}{F_2}\,\mathrm{logn}\,\frac{F_2}{F_1}\right) - F_1\right]$$
$$= \frac{T_1 - t}{F_2 - F_1} F_1\,\mathrm{logn}\,\frac{F_2}{F_1} = \frac{T_2 - t}{F_2 - F_1} F_2\,\mathrm{logn}\,\frac{F_2}{F_1} \quad . \ . \ . \quad (11a)$$

Zur Berechnung der übertragenen Wärmemenge müssen wir uns jedoch des Wertes $T_m - t$ aus Gleichung 11 bedienen. Bei Anwendung derselben müssen wir uns aber erinnern, daß bei Entstehung der Gleichung 11 das Hyperbelgesetz mitgewirkt hat, und wir infolge dessen die mittlere Temperatur nur für solche Heizflächenteile berechnen können, deren Heizgastemperaturen nach dem Gesetz $F(T - t) =$ Konst. veränderlich sind.

Wir haben nun

$$M_2 = (T_m - t)^2 \cdot K \cdot (F^2 - F_1)$$
$$\text{und } M_2 = Qc\,(T_1 - T_2).$$

Man ist hierdurch in den Stand gesetzt, bei kombinierten Kesselsystemen die einzelnen Kesselflächenteile zu trennen, und so die Eigenschaften derselben in bezug auf ihre Wärmeübertragungsfähigkeit d. h. ihr K kennen zu lernen, denn es ist klar, daß man nicht für alle Kesselflächenteile denselben Heizeffekt wird beanspruchen dürfen.

Innere Heizflächen (Flammrohre) werden einen anderen Koeffizienten K ergeben als äußere, was ja wohl auch in der Sache selbst begründet ist, da bei horizontalen inneren Heizflächen stets die obere Hälfte des Umfanges wirksamer sein wird, als die untere; namentlich wenn der Strom der Gase durch die Feuerbrücke nach oben geleitet und die untere Hälfte zur Ablagerung von Flugasche verwendet wird.

Es stellte sich bei einem von uns genau durchgeführten Versuch mit Ober- und Unterkessel K = 0,0777 heraus, wobei wir jedoch bemerken müssen, daß der Zustand der Heizflächen nicht mehr gut genannt werden konnte, indem dieselben schon stark inkrustiert waren. Aus den obenerwähnten Magdeburger Versuchen in Zuckerfabriken berechneten wir

für horizontale Röhrenkessel . . . . . K = 0,069
„ Einflammrohrkessel . . . . . . K = 0,0926
„ Zweiflammrohrkessel . . . . . . K = 0,1200
u. s. w. u. s. w.

Die hier aufgestellten Gleichungen stimmen ziemlich mit den von Rankine und R. R. Werner angegebenen überein, nur fehlt dort eine Angabe über die Natur des Koeffizienten K, die wir in unserer Gleichung (9) klargelegt haben.

Rankine stützt sich bei der Bestimmung seines Koeffizienten auf denselben Fall, den Redtenbacher zur Aufstellung seines Wertes K = 23 benutzt hat, und nimmt an:

Verbrennungstemperatur 1000°.

Essengastemperatur 300° und der Kessel verwandle per Quadratmeter Heizfläche 20 Kilogramm Wasser von 0° in Dampf von 100°. Es ergiebt sich hieraus Rankine's K = 0,0529. Ist bei denselben Temperaturen die Verdampfung stärker, so muß natürlich auch K größer werden und zwar bei 25 Kilogramm Dampf per Quadratmeter Heizfläche muß K = 0,0761 werden.

Prof. R. R. Werner benutzt zur Berechnung seines Koeffizienten die von Noeggerath abgeführten Verdampfungsversuche und berechnet K = 0,0603. Bei diesen Versuchen wurden zehn quadratische Pfannen neben einander gestellt, wie die Schüsse eines Dampfkessels, der durch Querwände in einzelne Unterabteilungen geteilt wäre, und es wurde das in den einzelnen Pfannen

verdampfte Wassergewicht durch Wägung ermittelt; die Temperaturen der Heizgase wurden dabei nicht beobachtet. Solche Versuche im Kleinen leiden stets an schädlichen Nebeneinflüssen und sind von den Bedingungen der Praxis zu weit entfernt.

Es empfiehlt sich bei den meisten Kesseln mit gemischten Heizflächen, diese verschiedenen Flächen zu trennen und z. B. bei Zweiflammrohrkesseln die Flammrohre als innere Heizflächen und die Heizfläche der beiden letzten Feuerzüge als äußere Heizflächen zu trennen und danach den Koeffizienten K zu beurteilen, wobei natürlich Überhitzung oder Dampftrocknungsflächen vollständig auszuscheiden und für sich zu behandeln sind.

Aus der an den Kessel abgegebenen Wärmemenge ist direkt die Speisewassermenge zu berechnen, wenn diese nicht gemessen wird. Es ist

$$M = W \cdot w, \text{ wobei } w = (606{,}5 + 0{,}305\, t - t_1 - 0{,}00002\, t_1^2 - \ldots)$$

t die Dampftemperatur, t_1 die Speisewassertemperatur ist. Die mittlere Temperaturdifferenz $(T_m - t)$, welche in der Gleichung 10 erscheint, ist auf leichte einfache Art zu berechnen:

$$(T_m - t)^2 = (T_1 - T_2)(T_2 - t) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (12)$$

welche aus der Zusammenstellung der beiden Gleichungen $K \cdot F\,(T_m - t)^2 = c\,Q\,(T_1 - T_2)$ und $F\,(T_2 - t) = \frac{cQ}{K}$ erhalten wird.

In der Formel 12 ist T_1 die ideelle Anfangstemperatur, eine Temperatur, welche in einem Feuerraume, der aus guten Wärmeleitern gebildet wird, nie entsteht, die aber dort entstehen würde, wo man die Kohle bei vollkommenem Abschluß von allen wärmeentziehenden Wänden vollkommen verbrennen könnte. Eine ähnliche Temperatur wird in den Räumen einer guten Vorfeuerung zu gewärtigen sein, ein Grund, warum solche für Steinkohlen selten anwendbar sind, da Chamottesteine solchen Temperaturen nicht auf die Dauer zu widerstehen vermögen. Diese ideelle Anfangstemperatur erreicht in manchen Fällen eine Höhe von über 1600°, welche in der normalen Praxis des Kesselbetriebes nie eintritt, wohl aber dann vorkommen kann, wenn man die Bildung von Stichflammen begünstigt, indem man die Rostfläche nicht gleichmäßig mit Brennstoff überdeckt. An Stellen, wo die Kohle unter intensiver Luftzuführung ganz auszubrennen vermag, dürften lokale Temperaturen entstehen, welche wenig von der ideellen Anfangstemperatur abweichen. Dann werden allerdings Kessel- und Ofenmauerwerk einem raschen Ruin entgegen gehen.

Es berechnet sich T_1 aus

$$T_1 = \frac{M}{cQ} + T_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (13)$$

wobei M die an den Kessel stündlich abgegebene Wärmemenge, Q das Gewicht der stündlich erzeugten Heizgase und T_2 die Fuchstemperatur ist.

Kennt man nun die Wärmemenge M, resp. das stündlich verdampfte Wasser nicht, so kann man sich einen Wert T_1^1 berechnen:

$$T_1^1 = \frac{C}{eq} + Te \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (14)$$

wo C die von 1 Kilogramm Kohle bei der Verbrennung erzeugte Wärmemenge in Kalorien, q das 1 Kilogramm Kohle unter den Verhältnissen der Kesselfeuerung zukommende Luftgewicht und Te die Temperatur der äußeren Luft ist. C kann man aus der Elementaranalyse der Kohle und aus der Analyse der Rauchgase berechnen, indem hiebei berücksichtigt wird, daß ein

Teil des Kohlenstoffes zu Kohlenoxydgas verbrennt; aus diesen beiden Analysen ist auch q zu berechnen, was man übrigens auch direkt durch Messung der dem Feuer zuströmenden Luft mit dem Anemometer bestimmen kann.

Derartige Messungen stimmen mit den Resultaten der Gasanalyse sehr gut überein, wenn man sich vor den Luftzuführungs-Querschnitt ein Ansatzrohr von 1—1,5 Meter Länge dicht herstellen kann, oder auch sonst den Querschnitt genau zu fixieren in der Lage ist. Es verbietet sich natürlich, das Anemometer den Wirkungen des Rauches, der Wärme u. s. w. im Rauchkanal auszusetzen; auch wollen wir betonen, daß das Anemometer dort bald unbrauchbar wird, wo man eine Luftgeschwindigkeit von über 5 Meter per Sekunde zu messen hat. Durch die Ermittlung der mittleren Temperatur T_m hat man die Temperaturkurve aus der Rechnung vollständig eliminiert; man hat nun nicht nötig, sich um den Verlauf der Kurve zu bekümmern, sondern rechnet nur mehr mit bekannten Größen.

Das so berechnete T_1^1 ist um jenen Wärmebetrag zu vermindern, der von den aus dem Feuer entfernten Aschen und Schlacken aufgenommen wurde, der von den Wänden des Feuerraumes und der Kesseleinmauerung an die äußere Luft abgegeben wird u. s. w. Dieser Wärmeverlust M_2 berechnet sich aus

$$M_2 = Qc\,(T_1 - T_1^1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

und beträgt meist 5—8% der ganzen von der Kohle abgegebenen Wärmemenge. Es ist dieser Verlust natürlich von den Einmauerungsverhältnissen abhängig und wird dort geringer sein, wo mehrere Kessel nebeneinander in Betrieb stehen und wo kontinuierlicher Betrieb ist. Dieser Verlust M_2 ist natürlich sehr unbedeutend im Verhältnis zu einem anderen Verlust M_3, den die in den Schornstein entweichenden Essengase verursachen. Dieser Verlust berechnet sich aus

$$M_3 = Qc\,(T_2 - Te) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

wenn T_2 die im Fuchs gemessene Temperatur der Heizgase und Te die Temperatur der äußeren Luft vorstellt und beträgt manchmal bis 30% des ganzen Wärmebetrages. Diese Wärmemenge ist nur in beschränktem Sinne als Verlust aufzufassen und kann auch nur eine beschränkte Verminderung erfahren, denn die Temperatur der abziehenden Gase ist auch durch die Dimensionen des Schornsteins normiert und gelingt es, durch Wärmeentziehung die Gase unter diese Minimaltemperatur abzukühlen, so würde der Schornstein nicht mehr die zur Überwindung der Widerstände in den Feuerzügen nötige Zugkraft abgeben und man würde an der Güte der Feuerung mehr einbüßen, als man durch die Wärmeentziehung der Essengase gewinnen kann. Der Schornstein wirkt namentlich durch die Verschiedenheit des Luftgewichtes in und außer demselben, wobei das spezifische Gewicht als Funktion der Temperatur aufzufassen ist. Nun verhalten sich aber die spezifischen Gewichte der Luft bei konstantem Druck umgekehrt wie die absoluten Temperaturen, oder es ist

$$\frac{\gamma}{\gamma_1} = \frac{a + t_1}{a + t}$$

wobei γ und t spezifisches Gewicht und Temperatur für einen Zustand, γ_1 und t_1 dieselben für einen anderen Zustand vorstellen und a eine Konstante gleich 273 ist.

Man sieht hieraus, daß selbst eine doppelt so hohe Temperatur t_1 nicht die doppelte Verschiedenheit in dem spezifischen Gewicht der Luft, also die doppelte Zugkraft ergiebt, daß es also eine bestimmte Grenze giebt, unter welche man ohne Schaden für die Feuerung die Essengastemperatur nicht

erniedrigen kann. Diese Minimaltemperatur ist natürlich um so höher, je größer die Hindernisse und Widerstände sind, welche die Heizgase auf ihrem Wege durch das Brennmaterial und durch die Feuerzüge zu überwinden haben.

Man könnte sich hierdurch verleitet fühlen, einen der größten Widerstände, das ist jener beim Durchgang durch die Brennstoffschichte dadurch zu ermäßigen, daß man das Brennmaterial über eine möglichst große Rostfläche verteilt und so die Schichthöhe vermindert. Dies ist jedoch nicht ganz gut zu heißen. Es scheint nämlich, daß in diesem Falle kein vollständiges Ausbrennen zu erreichen ist und daß gewisse Kohlenwasserstoffverbindungen sich bei der damit verbundenen niedrigen Anfangstemperatur nicht mehr entzünden, sondern entweder wieder in ihre Bestandteile zerfallen, oder unverbrannt entweichen. Es scheint somit jener unbewußte Zustand, den man in vielen Fabriken antrifft und bei welchem bei etwas forciertem Betriebe 80—100 Kilogramm Steinkohle auf den Quadratmeter Rost stündlich verbrannt werden, nicht ganz ungerechtfertigt; denn durch hohe Anfangs- und Endtemperatur wird in der Wärmeabgabe an den Kessel der Verlust durch den Schornstein wieder kompensiert.

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zur Berechnung des Verlustes M_3 zurück und betrachten wir, auf welche Weise wir diesen Verlust vermindern könnten, wobei wir voraussetzen wollen, der Schornstein vertrage eine niedrigere Essengastemperatur. Um die Sache weiter einzugehen, müssen wir einen konkreten Fall annehmen und wollen dann den Verlust M_3 perzentuell darstellen.

Es sei die von 1 Kilogramm der Kohle bei vollständiger Verbrennung zu erreichende Wärmemenge (theoretischer Heizeffekt) . . . . . $= M^1$
die bei der thatsächlich stattfindenden Verbrennung erreichbare Wärmemenge (wirklich praktischer Heizeffekt) . . . . $= M$
die an den Kessel abgegebene Wärmemenge . . . . $= M_1$
die durch das Mauerwerk verloren gehende Wärmenge . . . . $= M_2$
der Verlust durch den Schornstein . . . . $= M_3$

Bei einer Steinkohle mittlerer Beschaffenheit ist $M_1 = 7000$ und $M = 6000$ Kalorien und die Kohle gebraucht hierzu ungefähr die doppelte theoretische Luftmenge, also $q = 20$ Kilogramm. Dann ist $T_1^1 = \frac{6000}{21 \times 0{,}238} = 1405^0$. Rechnen wir für M_2 einen Prozentsatz von 5, so ist $T_1 = 1325^0$.

Nehmen wir nun an, die Heizgase haben beim Austritt aus den Feuerzügen des Kessels eine Temperatur von

$T_2 =$	450	400	350	300	250	200^0
so ist $T_1^1 - T_2 =$	875	925	975	1025	1075	1125
und $\frac{T_2}{T_1^1 - T_2} =$	0,515	0,432	0,385	0,292	0,232	0,180.

Diese letzten Zahlen stellen für diesen mittleren Fall das Verhältnis der in den Schornstein entweichenden zu der vom Kessel aufgenommenen Wärmemenge vor. Ein Teil hiervon ist zu gewinnen, wenn man die Heizfläche vergrößert und es fragt sich, um wie viel eine Heizfläche vergrößert werden muß, um eine bestimmte Endtemperatur zu erhalten. Wir berechnen zunächst aus 12 die mittlere Temperatur für den ganzen Kessel und finden

$T_m =$	662,5	631	592	541	477	385
$(T_m - t)^2 =$	260 750	229 400	193 050	151 700	105 300	54 000

wobei wir t konstant gleich der Dampftemperatur für vier Atmosphären Über-

druck $t = 152$ annahmen. Es berechnet sich nun die per 1 Kilogramm Kohle übertragene Wärmemenge

$$w = 4375 \quad 4625 \quad 4875 \quad 5125 \quad 5375 \quad 5625$$

und die hierzu nötige Heizfläche in Quadratmetern per 1 Kilogramm stündlich verbrannter Kohle

$$F = \frac{w}{K\,(T_m - t)^2} = 0{,}210 \quad 0{,}241 \quad 0{,}315 \quad 0{,}422 \quad 0{,}637 \quad 1{,}302$$

wobei wir $K = 0{,}08$ angenommen haben, wie wir für die Mehrzahl der Kessel von mittlerer Erhaltung annehmen zu können glauben. Wir können aus dieser Zusammenstellung sofort erkennen, welche Endtemperatur wir erwarten können bei einem Kessel, von dem wir kennen, welche Heizfläche einem Kilogramm stündlich verbrannter Kohle entspricht. Wir hätten z. B. einen Kessel von 48 Quadratmetern vor uns, auf dessen Rost stündlich 200 Kilogramm Kohlen verbrannt werden; die Endtemperatur ist in diesem Falle 400°, da $\frac{48}{200} = 0{,}24$ der Kolumne von $T_2 = 400$ entspricht. Wollen wir nun aber so viel Heizfläche anbringen, daß die Gase mit 300° entweichen, so müssen wir (0,422—0,241) 200 = 36,2 Quadratmeter Heizfläche hinzufügen und wir werden dann stündlich $(5125—2625) \cdot 200 = 500 \times 200 = 100\,000$ Kalorien gewinnen, welche 153 Kilogramm Wasser von 0° in Dampf von 4 Atm.-Spannung verwandeln werden. Der Verlust durch die abziehenden Rauchgase beträgt dann immer noch 29,2% der an den Kessel abgegebenen Wärme, hat aber im ersten Falle 43,2% betragen. Die Zahlen der letzten Zeile steigen ganz bedeutend, und man sieht wohl leicht ein, daß man für großen Kohlenverbrauch kaum die nötige Heizfläche unterbringen kann, die z. B. die Abkühlung der Heizgase auf 200° bewirkt, ohne eine Monstrosität von einem Kessel zu erhalten.

Man ist nun in der Lage, die Güte einer Kesselanlage genau zu beurteilen, und wollen wir hier nochmals, wie wir an demselben Orte früher schon gethan, bemerken, daß man durch Angabe des Verdampfungsresultates allein keinen klaren Überblick über die Verhältnisse eines Kessels hat, indem man dann nicht weiß, wieviel auf die Rechnung der Feuerung, wieviel auf die Rechnung des Kessels zu stellen ist. Es ist vielmehr stets nötig, den Nutzeffekt der Feuerung von dem der Kesselanlage zu trennen, und es geben diese beiden Quotienten η_1 und η_2 im Produkt $\eta_1 \times \eta_2 = \eta$ den Nutzeffekt der Anlage.

Es ist der Nutzeffekt der Feuerung: η_1

$$\eta_1 = \frac{M}{M_1}$$

wobei $M = M_1 + M_2 + M_3 =$ dem wirklich praktischen Heizeffekt und M_1 = dem theoretischen Heizeffekt der Kohle ist; der Nutzeffekt des Kessels: η_2

$$\eta_2 = \frac{M_1}{M}$$

und der Nutzeffekt der ganzen Anlage

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 = \frac{M_1}{M_1}$$

wobei M_1 die zur Verdampfung abgegebene Wärme ist.

Hat man diese beiden Zahlen η_1 und η_2 für einen bestimmten Fall ausgemittelt, so weiß man auch, woran der mindere Effekt liegt, und man kann vielleicht helfend eingreifen. Nicht so, wenn man nur ermittelt, 1 Kilogramm

Kohle verdampfe x Kilogramm Wasser; man weiß dann nicht, ist der Kessel oder die Feuerung Ursache dieses mangelhaften Resultates.

Wir übergeben diese Betrachtungen der Öffentlichkeit, indem wir die Hoffnung daran knüpfen, daß unsere Fachgenossen ähnliche Untersuchungen anstellen werden, und wir erwarten davon einige Förderung dieser wenig besprochenen Vorgänge beim Dampfkesselbetriebe. Es ist auch klar, daß wir solche Untersuchungen nur mit der gütigen Mitwirkung der Herren Industriellen vornehmen können, um die wir auch ferner ersuchen; dafür haben aber die gewonnenen Resultate auch einen andern Wert als Ziffern, die an Versuchsapparaten ermittelt wurden. Es ist auch von uns viel Arbeit nötig, um solche Versuche einem gedeihlichen Ende zuzuführen, wie Jedem bekannt sein wird, der einmal stundenlang die Einwirkung der Atmosphäre eines Kesselhauses empfunden hat.

Der Stand des Heizers.

Einer der wichtigsten Faktoren mit welchem bei einer gewissenhaft und rationell zu betreibenden Kesselanlage gerechnet werden muß, ist ohne Zweifel der Heizer. Leider wird noch von sehr vielen Kesselbesitzern die wichtige Funktion des Heizers unrichtig aufgefaßt. In vielen Fällen, namentlich in kleineren, selbst in mittelgroßen Fabriken wird der Heizer von seinem nicht immer richtig spekulierenden Herrn durch allerhand Nebenarbeiten zu der unzureichenden oder wenigstens sehr mangelhaften Bedienung des Kessels veranlaßt. Anstatt die Beaufsichtigung der Maschine und des Kessels einem Manne anzuvertrauen, der sich in bezug auf seine Fähigkeiten genügend ausweisen kann, nimmt man zum Heizer Leute des gewöhnlichen Arbeiterstandes, die von dem Wesen des Maschinen- und des Dampfkesselbetriebes keine Vorstellung haben, und glaubt sich beruhigen zu können, wenn man sieht, daß der Mann den Kessel speisen und das Feuer schüren kann. Man übersieht natürlich dabei, daß die Hand des ungeübten Heizers ein bedeutendes Vielfache der gedachten Ersparnis infolge Vergeudung von Brennmaterial durch den Schornstein jagt. Hier glaubt man nun, die Sparsamkeit am rechten Platze angewandt zu haben, da es ja klar scheint, daß dadurch die Leistung eines Arbeiters teilweise eingebracht wird. Bei Lichte besehen, stimmt jedoch die Rechnung nicht ganz genau.

Außer diesen Umständen findet man allgemein, daß sowohl der Heizer, der nur seine Kessel zu versehen hat, als der, dem außerdem noch Nebenbeschäftigung auferlegt ist, sich möglichst bequem zu machen suchen und am Kessel nur das Allernotwendigste besorgen. Um ein häufiges Handanlegen und Nachsehen desselben unnötig zu machen, wird der Kessel zunächst voll Wasser gepumpt, unbekümmert darum, ob mit nassem oder trockenem Dampfe gearbeitet wird. Ein solcher Heizer überhäuft den Rost mit Brennmaterial, ohne sich Sorgen zu machen, ob dasselbe wirklich verbrennt, oder aber als Ruß und Rauch unbenutzt durch den Kamin fliegt. Daß nun auch ein solcher Heizer sehr unregelmäßig speist und das Feuer schlecht bewacht und selbst oft bis zur Grenze der größten Gefahr sich verspätet, ist klar. Bei Vernachlässigung des Feuers wird dasselbe auf dem Roste an mehreren Stellen durchbrennen und kalte Luft hindurchstreichen, der Effekt des vorhin massenweise verbrannten Heizmaterials also um ein Bedeutendes reduziert werden muß.

Mit der Reinigung sieht es nicht minder besser aus. Das Reinhalten

und Putzen der event. Betriebs- und Fabrikmaschinen wird von den Kesselbesitzern noch in etwas protegiert, aber das Kesselhaus, den Dampfkessel mit seinen Armaturen in einem ordentlichen Putzzustande zu halten, erscheint ihnen oft überflüssig; es kann ihrer Meinung nach ja doch nichts helfen, da über kurz oder lang derselbe Schmutz wieder vorhanden ist. Man glaubt aber ja nicht, daß die äußerliche Reinhaltung einer Kesselanlage unnütze Arbeit und vergebliche Mühe sei. Diejenigen Kesselbesitzer, welche in dieser Beziehung dem Heizer nicht gehörig auf die Finger sehen oder demselben bei seinem guten Willen gar hindernd in den Weg treten, mögen wohl bedenken, daß sie auf dem besten Weg sind, den Eifer und die Pflichttreue des Heizers zu untergraben und sich dadurch zu indirekten Mitschuldigen grober Versehen und Unglücksfälle machen.

Wenn dieselben annehmen, daß ein Heizer seine Pflicht thue, wo des Herrn Auge ihn nicht kontrollieren kann, wo er dieselbe vernachlässigt in Sachen, die klar am Tage liegen, so kann man nur sagen, daß man im Irrtum ist.

Wenn man sich davon überzeugt, welchen Begriff sich oft ein Heizer beim Reinigen des Kessels und der Züge macht, so wird man sich wundern. Die Erfahrung hat es bezeugt, daß eine Kesselanlage, welche außerhalb schmutzig und verkommen aussieht, im Innern erst recht ein Bild der Verwahrlosung darbietet. Wie soll nun ein solcher Heizer im stande sein, etwaige auftretende Mängel an Kesselblechen und Armaturgegenstände zeitig zu entdecken und zu beseitigen? Freilich kostet ein ordentliches Kesselreinigen Zeit und ist es eine in vielen Fällen sehr mühevolle Arbeit, so mühevoll, daß eine gehörige Portion Geschicklichkeit, Lust und Liebe zum Beruf von seiten des Heizers dazu gehört, um es so auszuführen, wie es sein soll.

Jeder Kesselbesitzer sollte es nie versäumen ernsthaft zu bedenken, daß der Beruf des Kesselheizers ein so wichtiger ist, daß außer einer gewissen Befähigung und den nötigen Fertigkeiten, welche beim guten Willen sich bald aneignen lassen, unbedingte Zuverlässigkeit in jeder Beziehung von demselben gefordert werden muß. Zuverlässigkeit, Ordnung, Fleiß und Pünktlichkeit sind aber von einem Heizer namentlich auch deshalb zu verlangen, weil derselbe nur im Besitze dieser Eigenschaften richtig und ökonomisch feuern wird. Leider fehlt es aber noch sehr an Heizern mit allen diesen guten Eigenschaften und täglich fühlt man das Bedürfnis einen geordneten und richtig geschulten Heizerstand zu haben, und man ist daher seit Jahren, wenn auch immer noch in vereinzelten Fällen, bestrebt, diesem Bedürfnis nach Kräften abzuhelfen.

Einige Dampfkessel-Überwachungs-Vereine sind der Sache schon durch Gründung von Heizerschulen näher getreten, sowie auch durch Anstellen von Wettheizversuchen und haben selbst auch schon mit Wander- resp. Lehrheizern Versuche gemacht.

Die Wettheizversuche sind jedenfalls von Bedeutung und vom besonderen Interesse und lassen wir daher hierüber einige ausführliche Berichte folgen.

Wettheizversuche

im Bergischen Dampfkessel-Revisionsverein.*)

An diesen Versuchen nahmen 14 Heizer teil und wurde die Reihenfolge derselben in einer Vorstandssitzung durch Loos bestimmt. Vom Verein waren Prämien von 60, 40 und 30 Mark für die 3 besten Heizer ausgeworfen, die außerdem Diplome erhielten.

Das Reglement lautet folgendermaßen:

1) Jeder Heizer heizt einen Tag lang von morgens 7 Uhr bis abends 7 Uhr.
2) Den vom Verein zur Überwachung der Versuche gestellten Persönlichkeiten stehen in Ausübung der Kontrolle und Erledigung der nötigen Arbeiten (Abwiegen der Kohlen u. s. w.) zur Seite: der Vorder- und Hintermann des betreffenden Heizers.
3) Das Feuer wird abends vom Rost entfernt.
4) Zum Anheizen morgens werden jedem Heizer geliefert 2 Schanzen und 50 Kilo Stückkohlen.
5) Dem Heizer steht es frei, die Schlacken zu sondieren, die brauchbaren Teile derselben und die Asche mit zu verfeuern.
6) Maximal- und Minimal-Wasserstand und Dampfdruck werden deutlich gekennzeichnet.
7) Das zur Verbrennung kommende Kohlenquantum und das damit verdampfte Wasser wird gewogen resp. gemessen.
8) Die Maschine wird pro Stunde indiziert; ein Hubzähler giebt die Touren pro Tag an. Die Füllung der Maschine bleibt konstant.
9) Das Endresultat wird zurückgeführt auf den Verbrauch an brutto Kohlen pro indizierte Pferdestärke.

Bemerkungen zum Reglement:

ad 1. Die Sonn- und Montage fielen als Versuchstage aus; der Kessel wurde Montags jedoch zum Betrieb der Maschine benutzt. Die Versuchszeit pro Tag wurde so bemessen, daß die Maschine genau 12 Stunden arbeitete.

ad 2. Abgesehen, daß zum Abwiegen der Kohlen u. s. w. Leute zur Disposition stehen mußten, hatte dieses den Zweck, den Hintermann des betreffenden Heizers mit der Anlage betraut zu machen, bevor er heizte und ferner die Kontrolle über den Kohlenverbrauch von den Heizern selbst ausführen zu lassen. Da hauptsächlich Wert auf die verschiedenartige Behandlung des Feuers von seiten des Heizers gelegt wurde, eine genaue Notierung der einzelnen Manipulation derselben somit stattfinden mußte, was eine Person schon vollauf beschäftigte.

ad 7. Die Kohlen sowie die Rückstände wurden gewogen, das verbrauchte Wasser mittelst zweier Gefäße, deren Inhalt durch Abwiegen festgestellt war, gemessen.

ad 8. An jedem Ende des Dampfzylinders war ein englischer Indikator angebracht, die Pumpe wurde mit einem Indikator von Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover, indiziert.

*) Geschäftsbericht von 1878 und 1879.

Das für die ganze Versuchszeit erforderliche Kohlenquantum wurde an einem Tage angefahren; eine weitere Analyse der Kohle (Zeche Borussia) nicht vorgenommen; auch konnte keine Analyse der Heizgase stattfinden, weil der Verein damals noch nicht im Besitz eines Orsat'schen Apparates war. Es wurde ferner jede Viertelstunde notiert: Die Temperatur der Heizgase, gemessen mittelst zwei Quecksilber-Thermometer; deren Geschwindigkeit, bestimmt mit dem Anemometer, Patent „Broadbent," der Dampfdruck, der Wasserstand im Kessel, die Temperatur des Speisewassers hinter dem Vorwärmer dicht am Kessel gemessen mittelst Graphit-Thermometer der Firma Steinele & Hartung, Quedlinburg; die Temperatur der äußeren Luft und der Luft im Heizraum. Die Temperatur des Speisewassers vor dem Vorwärmer blieb ziemlich konstant, sodaß hierüber in größeren Intervallen Notizen gemacht werden konnten.

Die näheren Angaben über die Kessel- und Maschinenanlage sind in Tabelle XL enthalten.

In Tabelle XLI sind die von den einzelnen Heizern an derselben Anlage und mit denselben Kohlen erzielten mittleren Resultate zusammengestellt und giebt zum Schluß in Zahlen ein Bild, wie der betreffende Heizer sein Feuer bedient hat.

Bei der Betrachtung der verschiedenen erhaltenen Resultate mögen noch einige Bemerkungen über die Anlage selbst, an welcher die Versuche angestellt wurden, vorausgeschickt werden.

An einem Kessel von 22,5 Quadratmeter Heizfläche, den man allgemein wohl höchstens als 15 pferdigen Kessel bezeichnen würde, sind durchschnittlich 30 Pferde indiziert worden. Größe und Leistung des Kessels stehen mithin in einem ungünstigen Verhältnis, da pro Quadratmeter Heizfläche und pro Stunde durchschnittlich 26 Kilo Wasser von rund 58° C. in Dampf von 4½ Atm. Überdruck verwandelt werden mußten. Wenn unter diesen Verhältnissen 1 Kilo brutto rund 6½, 1 Kilo Kohle netto rund 7 Kilo Wasser von 0° verdampfte, so ist der Schluß wohl gerechtfertigt, daß das Kesselsystem doch nicht so ungünstig dasteht in bezug auf Ausnutzung der Wärme als vielfach behauptet wird. Der Kessel war vor den Versuchen schon drei Wochen in Betrieb gewesen, innerlich und äußerlich nicht gereinigt worden und trotzdem erreicht der Wärmeüberführungs-Koeffizient bei einer angenommenen Anfangstemperatur von 1000° die Zahl 24, welche angiebt, wieviel Wärmemengen ein Quadratmeter Heizfläche pro Stunde und pro Grad Temperaturdifferenz zwischen Feuergasen und Kesselwasser an das letztere abgiebt. Bei Zwischenfeuerungskesseln spielt die Einmauerung eine weit größere Rolle als bei den Flammrohrkesseln, weil sie bei diesen nur Einfluß hat auf die Wärmeabgabe an das Mantelblech, die aber erfahrungsmäßig schon so unbedeutend ist, daß sie durch Anordnung und Dimensionierung der Züge wenig vergrößert oder verkleinert werden kann. Bei den erstgenannten Kesseln ist aber beispielsweise die Anordnung des Gewölbes über dem Unterkessel nicht unbedeutend von Einfluß auf die Wärmeabgabe an denselben. Wird das Gewölbe so hoch geschlagen, daß den Heizgasen schon zwischen diesem und Unterkessel genügend Querschnitt geboten ist, so bleibt der untere Teil des Unterkessels selbstverständlich außer Mitwirkung bei der Wärmeaufnahme.

Tabelle XL.

Verhältnisse des beim Wettheizen benutzten Kessels;

gebaut von der Firma Fr. Maas & Hardt in Barmen 1865, konzessioniert zu 5 Atmosphären Überdruck.

Kesselsystem.	Feuerung.	Heizfläche in Q.-Met.	Rostfläche in Q.-Met.: totale	Rostfläche in Q.-Met.: freie	Verdampfungsoberfläche bei normalem Wasserstande, in Quadratmetern.	Inhalt des Wasserraums (norm. Wasserst.)	Inhalt des Dampfraums inkl. Dampfdom.	Querschnitt des Zuges in Qu.-Meter: über der Feuerbrücke.	Querschnitt des Zuges in Qu.-Meter: am Rauchschieber (ganz geöffnet).	Schornstein: Höhe. Meter.	Schornstein: Querschnitt oben Meter.	Verhältnis der totalen Rostfläche zur freien Rostfläche.	Verhältnis der totalen Rostfläche zur Heizfläche.	Verhältnis der totalen Rostfläche zum Querschnitt des Schornsteins.	Verhältnis der totalen Rostfläche zum Querschnitt über der Feuerbrücke.	Verhältnis der totalen Rostfläche zum Querschnitt am Rauchschieber.	Verhältnis der Verdampfungsoberfläche zur Rostfläche totale.	Verhältnis der Verdampfungsoberfläche zur Rostfläche freien.	Verhältnis der Verdampfungsoberfläche zur Heizfläche.	Dampfleitung gußeiserne: Durchmesser Millimeter.	Dampfleitung gußeiserne: Länge Kessel bis Maschine Meter.	Speisewasserleitg. schmiedeeis.: Durchmesser Millimeter.	Speisewasserleitg. schmiedeeis.: Länge Kessel bis Vorwärmer Met.
Oberkessel mit einem Unterkessel und zwei Verbindungsrohren.	Zwischenfeuerung.	22,5	1,00	0,167	5,76	5,38	1,20	0,39	0,289	31,5	0,8	1 : 0,167	1 : 22,5	1 : 0,8	1 : 0,39	1 : 0,289	1 : 0,174	1 : 0,029	1 : 3,906	78	11,8	50	8,25

Maschinen-Anlage.

Liegende einzylindrische Hochdruck-Dampfmaschine mit Mayer'scher Expansion, treibt direkt durch die verlängerte Kolbenstange eine horizontale, doppeltwirkende Hochdruckpumpe mit etagenförmig angeordneten Ringventilen, gebaut von der Firma Alb. Wever & Komp. in Barmen 1878.

Dampfmaschine: Zylinder-Durchmesser Meter.	Dampfmaschine: Kolbenhub Meter.	Dampfmaschine: Durchmesser der Kolbenstange. Meter.	Dampfmaschine: Mittlerer Querschnitt des Kolbens. Quadratzentimeter.	Dampfmaschine: Verhältnis: Kurbel zur Pleuelstange.	Druckpumpe: Kolbendurchmesser. Meter.	Druckpumpe: Kolbenhub. Meter.	Druckpumpe: Durchmesser der Kolbenstange. Meter.	Druckpumpe: Mittlerer Kolbenquerschnitt. Q.-Zentimeter.	Druckpumpe, Ringventile: Freier Querschnitt. Qu.-Zentimeter.	Druckpumpe, Ringventile: Verhältnis des freien Ventilquerschnitts zum mittleren Kolbenquerschnitt.	Druckpumpe, Ringventile: Hub. Millimeter.	Saug- und Druckleitung: Saughöhe (mittlere) Meter.	Saug- und Druckleitung: Förderhöhe.	Saugleitung: Länge. Meter.	Saugleitung: Durchmesser. Millimeter.	Druckleitung: Länge. Meter.	Druckleitung: Durchmesser. Millimeter.	Röhrenvorwärmer, stehend, äußerer Mantel: Durchm. (innerer) Millimeter.	Röhrenvorwärmer, stehend, äußerer Mantel: Höhe. Meter.	Röhrenvorwärmer, Röhren: Anzahl.	Röhrenvorwärmer, Röhren: Länge. Meter.	Röhrenvorwärmer, Röhren: Durchmesser. Millimeter.	Röhrenvorwärmer, Röhren: Oberfläche (äußere) Quadratmeter.
0,4	0,8	0,060	1228,37	1 : 5	0,235	0,8	0,060	420	400	1 : 1,05	13	3,85	45,5	18	235	790	210	300	2,070	14	1,950	38 innerer 44 äußerer	3,8

Tabelle

Resultate

Nr. der Position.		1. Tag. 22./10. 78	2. Tag. 22./10. 78	3. Tag. 24./10. 78	4. Tag. 25./10. 78
1.	Kohlenverbrauch brutto (inkl. 50 Kilo zum Anheizen) Kilogramm	1139	1038	979	920
2.	Kohlenverbrauch netto (inkl. 50 Kilo zum Anheizen) Kilogramm	985	913	902	847
3.	Rückstände in %	13,5	12	7,9	8
4.	Wasserverbrauch Kilogramm	6920	7290	7160	6905
5.	Temperatur des Speisewassers hinter dem Vorwärmer Cels.	59,2	58,7	58,5	59,9
6.	Temperatur des Speisewassers vor dem Vorwärmer Cels.	12	11,6	12	12
7.	Zunahme der Temperat. durch den Vorwärmer Cels.	47,2	47,1	46,5	47,9
8.	Dampfdruck im Kessel Atm.	4,32	4,39	4,42	4,35
9.	Anfangsdruck im Dampfzylinder Atm.	3,75	3,94	3,90	3,85
10.	Verlust durch die Leitung in %	13,2	10,2	11,7	11,5
11.	Indizierte Pferdestärke	28,21	30,35	29,46	29
12.	Umdrehungen der Maschine per Minute . . .	29,67	30,34	29,34	28,98
13.	Temperatur der abziehenden Heizgase am Rauchschieber Cels.	203	204	199	195
14.	Geschwindigkeit der abziehenden Heizgase am Rauchschieber in Millimeter Wassersäule	16,4	17,2	16,3	13,8
15.	Rauchschieberöffnung in Quadratmeter	0,170	0,116	0,077	0,068
16.	Temperatur der äußeren Luft Cels.	12,8	10	10,7	9,3
17.	Temperatur der Luft im Heizraum Cels. . . .	25,6	23,7	24,25	25,3
18.	Pro indizierte Pferdestärke verbraucht: Kohle brutto Kilogramm	3,37	2,85	2,77	2,64
19.	Pro indizierte Pferdestärke verbraucht: Kohle netto Kilogramm	2,9	2,5	2,55	2,38
20.	Pro indizierte Pferdestärke verbraucht Wasser Kilogramm	20,44	20,01	20,25	19,84
21.	Per Quadratmeter Rostfläche und per Stunde Kohle verbrannt Kilo	95	86,5	81,6	76,7
22.	Per Quadratmeter Heizfläche und per Stunde Wasser verdampft Kilo	25,6	27	26,5	25,5
23.	Per Quadratmeter Verdampfungsoberfläche und per Stunde Wasser verdampft Kilo	100	105,5	103,6	100
24.	Per Kilo Kohle brutto Wasser verdampft Kilo .	6,075	7,022	7,314	7,505
25.	Per Kilo Kohle netto Wasser verdampft Kilo .	7,03	7,98	7,94	8,15
26.	Feuerthür geöffnet in Summa mal	155	210	124	122
27.	Feuer beschickt mal	110	144	87	85
28.	Feuer geschürt mal	35	40	17	23
29.	Feuer aufgebrochen mal	12	16	15	12
30.	Feuer ausgeschlackt mal	9	11	5	1
31.	Summa der aufgeworfenen Schippen Kohlen in 12 Stunden	416	383	309	251
32.	Gewicht der Kohle pro Schippe Kilo	2,74	2,75	3,17	3,6
33.	Gewicht der Kohle pro Scharge Kilo	9,9	6,8	10,7	10,27
34.	Zwischenzeit zwischen zwei aufeinander folgenden Schargen in Minuten	6—7	5	8—9	8—9
35.	Rauchschieber verstellt innerhalb 12 Stunden mal	37	6	64	24

XLI.
des Versuchs.

5. Tag. 26./10. 78	6. Tag. 29./10. 78	7. Tag. 30./10. 78	8. Tag. 2./11. 78	9. Tag. 5./11. 78	10. Tag. 6./11. 78	11. Tag. 7./11 78	12. Tag. 8./11. 78	13. Tag. 9./11. 78	14. Tag. 12./11. 78.
1006	1003	1065	1140	1150	1087	1055	1050	1100	1100
888	879	954	1024	1042	961	943	939	969	970
11,7	12,4	10,4	10,2	9,4	11,6	10,6	10,6	11,9	11,8
6999	7428	7430	7550	6656	6930	7360	6695	7605	7443
61,7	58,7	60	56,8	57,6	57	56,2	57,2	56	58
11,9	12	11,2	11,7	11,6	11	11,6	12	11,7	11
49,8	46,7	48,8	45,1	46,0	46	44,6	45,2	44,3	47
4,43	4,45	4,44	4,56	4,30	4,32	4,42	4,2	4,57	4,43
3,93	3,96	3,85	4,07	3,82	2,87	3,91	3,87	4,02	3,91
11,3	11	13,3	10,8	11,2	10,4	11,5	8	12	11,7
30,29	32,3	31,26	32,83	27,51	28,35	30,12	26,83	32,81	30,80
29,36	31,46	30,88	31,06	27,29	28,46	29,72	27,11	31,7	30,55
200	187	195	219	221	210	206	210	189	190
15,1	16,9	14,9	17,1	17,5	17,1	16,4	17,4	16,5	15,5
0,081	0,089	0,094	0,113	0,133	0,124	0,085	0,098	0,073	0,085
9,15	5,39	3,75	2,5	2,6	2,5	4,4	4,2	4	3,5
24,1	24,1	21,2	23	19,2	22,7	23	22,15	23,6	23,5
2,77	2,59	2,84	2,9	3,48	3,2	2,92	3,26	2,8	3,00
2,44	2,27	2,54	2,6	3,16	2,82	2,61	2,92	2,46	2,62
19,26	19,16	19,8	19,15	20,15	20,38	20,36	20,8	19,31	20,14
84	83,6	88,7	95	95,8	90,6	88	87,5	91,7	91,7
26	27,5	27,5	27,94	24,65	25,68	27,26	24,8	28,16	27,57
101,25	107,46	107,5	109,2	96,3	100,2	106,5	96,8	110	107,7
6,957	7,405	7,00	6,623	5,79	6,38	7,00	6,38	6,913	6,797
7,88	8,45	7,79	7,37	6,4	7,215	7,805	7,13	7,85	7,673
189	186	138	192	244	300	143	159	216	243
105	132	78	94	168	160	89	116	143	153
72	45	41	85	39	106	46	34	52	64
8	8	11	8	28	28	2	5	16	12
14	1	8	5	9	6	6	4	5	14
327	422	284	376	442	332	284	342	337	439
3,1	2,38	3,75	3	2,6	3,28	3,7	3,1	3,27	2,5
9,1	7,2	13	11,6	6,5	6,5	11,3	8,6	7,3	6,9
7	5—6	9—10	7—8	4—5	4—5	8—9	6—7	5	4—5
9	17	12	11	3	10	20	14	23	22

Was die Resultate der einzelnen Heizer anbetrifft, so haben sich Differenzen ergeben, wie sie von vornherein nicht erwartet wurden; dasselbe ist der Fall mit der Behandlung des Feuers. Setzt man den Brutto-Kohlenverbrauch des besten Heizers für eine gewisse Leistung = 100 Kilo, so hat der schlechteste Heizer für dieselbe Leistung 134 Kilo verbraucht.

Bei Netto-Kohlenverbrauch stehen 100 Kilo gegen 139 Kilo. In bezug auf Wasserverdampfung pro Kilo Kohle war der beste Heizer dem schlechtesten um 27 % (brutto) resp. 32 % (netto) überlegen, trotzdem der erste pro Quadratmeter Heizfläche noch 11 % Wasser mehr verdampfte.

Zur Regulierung des von der Höhe der Brennstoffschicht, von den einzelnen Stadien des Verbrennungsprozesses, von der Qualität des Brennmaterials und von vielen anderen Verhältnissen abhängigen Luftquantums dient der Rauchschieber, dessen richtige Handhabung in den meisten Fällen mehr Vorteil bringen dürfte als eine Umänderung des Rostes und der Einmauerung. Vergleichen wir nach dieser Seite hin den besten und schlechtesten Heizer, so scheint für letzteren der Schieber gar nicht existiert zu haben oder ein sehr unnützes Garniturstück gewesen zu sein. Rücksichtslos auf das allmähliche Verschlacken des Feuers hielt er von morgens bis abends eine konstante Schieberöffnung von 280 Millimeter Höhe, die er in der frühen Stunde von 9 Uhr bis 10 Uhr auf 290 Millimeter noch vergrößerte. Ganz anders und zwar ganz richtig operierte dagegen der beste Heizer mit dem Schieber, indem er Schritt haltend mit der Schlackenbildung, die Öffnung des Schiebers von 150 Millimeter allmählich vergrößerte, ohne jedoch im Maximum die Normal-Schieberöffnung des schlechtesten Heizers zu erreichen. Die gleich nach 12 Uhr vorgenommene gründliche Reinigung des Feuers gestattete ihm zudem, den Nachmittag über den Rauchschieber genau so wie am Vormittag zu behandeln, während das 9 malige oberflächliche Ausschlacken des Feuers von seiten des anderen Heizers eine konstante, hohe Schieberöffnung wohl notwendig machte. Gleich rücksichtslos wie den Rauchschieber, nur nach entgegengesetzter Seite hin, behandelte Letzterer auch sein Feuer.

Fassen wir die Zahlen im letzten Teile der Tabelle, welche auf die Wartung des Kessels bezug haben, alle zusammen, so stellen sich noch weit größere Differenzen in den einzelnen Positionen heraus, als vorhin beim Vergleich des besten und schlechtesten Heizers angeführt wurde.

Der	eine	öffnete die Feuerthür	122	mal,	der	andere	300	mal	
„	„	beschickte das Feuer	78	„	„	„	168	„	
„	„	schürte das Feuer	17	„	„	„	106	„	
„	„	brach das Feuer auf	2	„	„	„	28	„	
„	„	schlackte das Feuer aus	1	„	„	„	14	„	
„	„	verstellte d. Rauchschieber	3	„	„	„	64	„	u. s. w.

Gewiß sind dies ganz bedeutende, vorher nicht erwartetete Differenzen in der Wartung desselben Kessels bei derselben Kohle und dem konstanten Kraftbedarf der Maschine, die soviel wenigstens beweisen, daß es nicht gleichgiltig ist, wie ein Kessel bedient wird, ob von einem tüchtigen Heizer oder einem tüchtigen Pferdeknecht, wenn sie andererseits auch nicht geeignet sind zu allgemein giltigen Schlüssen über richtige Behandlung der Feuer, da hierbei auch die Qualität der einzelnen Arbeit zu berücksichtigen ist, die zweifellos bei den verschiedenen Wettheizern ebenso bedeutend variiert hat, als es bei der Quantität der Arbeit der Fall gewesen ist.

Nr. der Position.		10. Tag. 25./10.	11. Tag. 28./10.	12. Tag. 29./10.	13. Tag. 31./10.	14. Tag. 1./11.
1.	Daue	9,5	10,5	10,5	10,5	9,5
2.	Kohle	1610	1545	1680	1518	1110
3.	Kohle	1377	1364	1447	1263	915
4.	Rück	14,5	11,7	13,9	16,8	17,6
5.	Waff	12 110	10 940	12 430	11 660	8560
6.	Tem	56,4	56	57	59	57
7.	Tem					
	m	10	8	9	8	9
8.	Zun	46,4	48	48	51	48
9.	Dam	4,56	4,63	4,68	4,76	4,85
10.	Anfa	3,73	3,93	3,95	3,93	3,80
11.	Verl	18	15	16	17	22
12.	Indi	46,456	49,647	51,578	45,726	39,284
13.	Umb	36,482	36,311	36,117	36,111	36,137
14.	Kesse	II I	II I	II I	II I	II I
15.	„	193—240	187—205	190—214	189—210	153—160
16.	Kesse					
17.	„	9—8,5	7,5—8,2	8,3—8,2	8,2—8,2	6,2—6,1
18.	Kesse	0,076—0,10	0,107—0,089	0,084—0,092	0,097—0,09	0,057—0,063
19.	„					
20.	Tem	10	6,5	8	6,5	7
21.	Tem	24	21,5	22	21	25
	Feue					
	K	239	159	123	106	128
	Feue	140	86	113	103	102
	Feue	99	73	10	3	26
	Rauc	19	41	20	19	46

Um überhaupt feststellen zu können, ob bei derselben Anlage ein häufiges Beschicken vorteilhafter ist, als in doppelt so langen Zwischenpausen, ob ein kräftiges Feuer besser ist als ein dünnes bei derselben Kohle und derselben Leistung des Kessels, ist es unbedingt erforderlich, daß der Heizer gleich qualifiziert ist zu beiden Behandlungsarten des Feuers. Und selbst die auf diese Weise gewonnenen Resultate werden schon beim Wechsel der Kohle wieder verschieden sein und sind daher am allerwenigsten auf andere Anlagen zu übertragen, wo die Zugverhältnisse u. s. w. andere sind. Es muß Sache des Heizers bleiben, möglichst rasch ausfindig zu machen, wie er diese oder jene Kohle am rationellsten verbrennen könne, er muß den richtigen Mittelweg finden zwischen Zentner schweren Schargen und solchen in homöopatischen Dosen, sein praktisches Gefühl muß ihm sagen, wann er sein Feuer zu reinigen hat, in Zahlen läßt sich das nimmer einzwängen.. Nach dem Reinigen des Feuers muß er dasselbe mit faustdicken Kohlenstücken, die immer genügend vorrätig vor dem Kessel liegen müssen, beschicken und bei geteilten Rosten immer den einen nur dann mit frischen Kohlen bewerfen, wenn auf dem anderen das Brennmaterial in heller Glut ist. Wenn der Heizer etwas erübrigen kann, so soll er die brauchbaren Teile aus der Schlacke sondern und wenn möglich die Asche gegen Abend nochmals aufwerfen.

Ein Heizer, der all seinen Anforderungen genüge leistet, ist im wahren Sinne des Wortes ein Kapitalkerl, und seine Arbeit eines guten Lohnes wert. Seine Arbeit besteht aber nicht nur aus der Thätigkeit seiner Muskeln, sondern auch in einer gewissenhaften sorgfältigen Beobachtung. Je schärfer die letztere ist und je richtiger die Schlußfolgerungen daraus sind, desto kleiner wird die erstere im allgemeinen werden. Leider ist diese in einer nicht kleinen Anzahl von Etablissements schon so hoch geschraubt, daß für jene keine Zeit mehr übrig bleibt. Ein Heizer, der in 10 Stunden zirka 100 Zentner Kohlen verheizen muß, verrichtet allein schon beim Aufwerfen derselben eine Arbeit, die geeignet ist, in Pferdestärken ausgedrückt zu werden. Kohlen werden dabei allerdings verstocht, aber nicht verbrannt. Die Mehrauslage für den zweiten Heizer würde schon bei den jetzigen niedrigen Kohlenpreisen durch die kleine Ersparnis an Kohlen von 5—6 % gedeckt werden und gleichzeitig den störenden Einfluß des starken schwankenden Dampfdruckes beseitigen.

Unter nahezu denselben Verhältnissen wie beim ersten obigen Versuche fand der zweite im folgenden Jahre statt; dasselbe Reglement, dieselbe Anzahl der Heizer (14), dasselbe Kessel- und Maschinensystem war vertreten, und sind nur einige Abweichungen als bemerkenswert zu bezeichnen. Während beim ersten Versuch nur ein Kessel in Thätigkeit war, der ziemlich angestrengt wurde, standen diesmal zwei Kessel zur Disposition, deren Beanspruchung eine weit geringere war. Der Betrieb war ferner kein ununterbrochener, sondern außer der Mittagspause wurde auch die Nachmittagspause innegehalten. Die Maschine wurde, da ihre Belastung keine so konstante war, wie im Jahre vorher, jede halbe Stunde indiziert, ferner der Feuchtigkeitsgehalt der Kohle durch vollständiges Trocknen von je 7 Kilo pro Tag festgestellt. Die Kohle von der Zeche „Vereinigte Nottekampsbank“ kostete zur Zeit des Versuchs nach Angabe des Besitzers loko Fabrik per Scheffel 39,3 Pfennige. Was die Resultate (s. folgende Tabellen XLII—XLV) anbetrifft, so haben sich bei diesem Versuche noch größere Differenzen ergeben, wie beim ersten, nämlich 41 %, zurückgeführt auf Kohlenverbrauch pro Stunde und pro indizierte Pferdestärke.

Tabelle XLII.

Mechanische Verhältnisse der Anlage.

Nummer.	Datum des Versuchs.	Kesselsystem, höchster Dampfdruck, Erbauer, Herstellungsjahr.	Heizfläche. Quadratmeter.	Rostfläche. Quadratmeter.	Verdampfungs-Oberfläche. Quadratmeter.	Inhalt Wasser. Kub.-Meter.	Inhalt Dampf. Kub.-Meter.	Dampfmaschinen-System. Steuerung. Jahreszahl.	Zylinder-Durchmesser. Millimeter.	Kolben-Hub. Millimeter.	Mittlerer Querschnitt abzüglich Kolbenstange. Quadratzentimeter.	Die Maschine treibt:
			Beim Wettheizversuch.									
	1879. 14. Okt. bis 1. November.	2 Walzenkessel mit 1 Sieder. Zwischenfeuerung. 6 Atm.	39 39,4	1,35 1,35	11,12	12,43	3,73	Liegende Hochdruckmaschine mit verstellbarer Meyer'scher Steuerung. 1864.	425	790	1398	Webstühle.
			Bei den übrigen Versuchen.									
1.	6. März.	Walzenkessel mit 1 Sieder. Zwischenfeuerung. 6 Atm.	26,3	0,8	7,25	7,20	2,10	Liegende Hochdruckmaschine mit verstellbarer Meyer'scher Steuerung. 1869.	314	630	756	Riementische.
2.	21. März.	Engröhriger Siederkessel. System Root. 10 Atm.	89,4 benetzt 66,0	2,85	—	2,57	0,6	Liegende Maschine mit Kondensation. Corliß-Steuerung. 1873.	550	940	2341	Eisengarnmaschinen und Riementische.
3.	17. Juni.	Engröhriger Siederkessel. 7 Atm. System Belleville.	52,7 benetzt 20,6	1,44	—	0,45	0,65	Liegende Maschine mit Kondensation. Corliß-Steuerung. 1873.	356	785	970	Webstühle.
4.	15. Juli.	Walzenkessel mit 2 Siedern. Zwischenfeuerung. 5 Atm.	35,0	1,4	6,90	9,25	2,47	Liegende Hochdruckmaschine. Steuerung Patent Reusing. 1878.	314	631	774	Riementische und Bandstühle.
5.	Vormittag. 31. Juli. Nachmittag.	Engröhriger Siederkessel. 8 Atm. System Steinmüller.	49,8 benetzt	2,31	—	1,62	1,24	Ventil-Steuerung 1867. Liegende Hochdruckmaschine verstellb. Meyer'sche Steuerung 1865.	580 475	1100 942	2600 1738	Webstühle. desgl.

Tabelle XLIV.

Benennung der Resultate.	1. Tag. 14./10.	2. Tag. 15./10.	3. Tag. 16./10.	4. Tag. 17./10.	5. Tag. 18./10.	6. Tag. 21./10.	7. Tag. 22./10.	8. Tag. 23./10.	9. Tag. 24./10.	10. Tag. 25./10.	11. Tag. 28./10.	12. Tag. 29./10.	13. Tag. 31./10.	14. Tag. 1./11.
Pro indizierte Pferdestärke verbraucht Kohle brutto Kilo . .	2,984	2,903	2,772	3,022	3,135	3,916	3,443	3,225	3,369	3,555	2,889	3,024	3,083	2,899
Desgl. getrocknet Kilo	2,587	2,616	2,486	2,695	2,809	3,281	3,038	2,895	2,982	3,119	2,657	2,738	2,847	2,712
Pro indizierte Pferdestärke verbraucht Kohle netto Kilo . . .	2,975	2,874	2,755	3,01	3,113	3,88	3,412	3,203	3,353	3,543	2,878	3,014	3,073	2,889
Pro indizierte Pferdestärke verbraucht Wasser Kilo	24,5	23,87	23,83	24,96	24,44	28,05	25,98	25,55	27,12	27,45	20,99	22,95	24,28	22,94
Per Quadratmeter Rostfläche und per Stunde Kohle verbrannt Kilo	55,8	62,7	54	54,2	56,5	66,4	68,8	63,1	60	62,8	54,5	59,3	53,5	43,3
Per Quadratmeter Heizfläche und per Stunde Wasser verdampft Kilo	15,37	16,42	15,1	14,93	14,4	15,3	16,74	16,3	16,0	16,2	13,27	15,08	14,15	11,48
Per Qu.-Meter Verdampfungsoberfläche u. per Stunde Wasser verdampft Kilo	108,5	115,9	106,5	105,4	101,7	108	118,2	115,4	112,9	114,6	93,7	106,4	99,4	81,03
Per Kilo brutto Kohle Wasser verdampft Kilo	8,21	8,23	8,59	8,26	7,80	7,16	7,55	7,92	8,06	7,71	7,26	7,59	7,88	7,91
Per Kilo Kohle netto Wasser verdampft Kilo	9,4	8,68	9,15	9,11	8,45	7,91	8,23	8,68	8,83	8,79	8,02	8,59	9,23	9,36
Summa der aufgeworf. Schippen Kohlen . . . . =	454	448	472	488	471	**684**	577	415	502	404	**379**	483	405	369
Gewicht der Kohle pro Schippe Kilo	3,5	4,0	3,2	3,2	3,1	**2,8**	3,4	**4,3**	3,4	4,0	4,1	3,5	3,1	3,0
Gewicht der Kohle pro Scharge Kilo	15,0	16,1	11,4	12,8	7,6	8,3	10,9	17,2	13,3	11,5	**18,0**	14,9	14,7	10,9
Zwischenzeit zwischen zwei aufeinander folgenden Schargen Minuten	12	11—12	9—10	10—11	6	**5—6**	7	12	10	8	**14—15**	11	12	11

Tabelle XLV.

Resultate der übrigen Versuche.

Nr. der Position.	Art der Messungen und Ablesungen.	Nummer und Datum des Versuchs. 1. 6./3.	2. 21./3.	3. 17./6.	4. 15./7.	5. 31./7. Vorm. Nachm.
1.	Dauer des Versuchs Stunden . .	10	11,85	10,4	11,667	6,333—5,667
2.	Kohlenverbrauch inkl. zum Anheizen Kilo	456	2272	1075	563	1788—812
3.	Kohlenverbrauch inkl. zum Anheizen netto Kilo	419	2147	852	530	1438—690
4.	Rückstände %	8,1	5,5	20,7	6	19,6—15
5.	Wasserverbrauch Kilo	2480	14 700	5700	4500	11 309—5786
6.	Temperatur des Speisewassers °C.	91,0	43,0	32	—	68—68
7.	Dampfdruck im Kessel Atm. . . .	4,86	6,0	4,47	4,25	5,21—6,91
8.	Anfangsdruck im Zylinder Atm.	2,68	5,53	3,056	3,619	4,23—3,76
9.	Druckverlust durch die Leitung in %	45	24,5	31,6	15	19—45,6
10.	Indizierte Pferdestärken	11,2	102,1	31,3	15,9	77,81—41,9
11.	Umdrehungen der Maschine pro Minute	50	44,34	51,14	63,5	26,1—47,76
12.	Geschwindigkeit der Maschine pro Sekunde	1,05	1,39	1,338	1,335	0,957—1,5
13.	Temperatur der abziehenden Heizgase am Rauchschieber °C. . . .	142	292	213	240	417—320
14.	Geschwindigkeit der abziehenden Heizgase am Rauchschieber Met.	—	11,46	3,38	—	6,8—7,51
15.	Rauchschieber-Öffnung Quadratmeter	—	—	0,246	0,056	0,25—0,084
16.	Temperatur der äußeren Luft °C.	—	7,5	17	—	23—27
17.	Temperatur der Luft im Heizraum °C	—	15	20	—	29—32

Benennung der Resultate.	Nr. und Datum des Versuchs. 1. 6./3.	2. 21./3.	3. 17./6.	4. 15./7.	5. 31./7.
Pro indizierte Pferdestärke verbraucht Kohle brutto Kilo	4,07	1,87	3,30	3,04	3,63 3,42
Pro indizierte Pferdestärke verbraucht Kohle netto Kilo	3,74	1,77	2,62	2,86	2,92 2,91
Pro indizierte Pferdestärke verbr. Wasser Kilo	22,14	12,09	17,51	24,26	22,95 24,37
Per Quadratmeter Rostfläche und per Stunde Kohle verbrannt Kilo	57	67	72	34,5	122 62
Per Quadratmeter Heizfläche totale und per Stunde Wasser verdampft Kilo	9,43	13,87	10,4	11,02	35,86 20,5
Per Quadratmeter Verdampfungs-Oberfläche und per Stunde Wasser verdampft Kilo	34,2	(752)	—	56	—
Per Kilo Kohle brutto Wasser verdampft Kilo	5,44	6,47	5,3	8,0	6,3—7,13
Per Kilo Kohle netto Wasser verdampft Kilo	5,92	6,85	6,69	8,5	7,87—8,4

Die Verdampfung pro Kilo Kohle brutto schwankt von 7,16 Kilo Wasser bis 8,59; per Kilo Kohle netto von 7,91 bis 9,4 bei nahezu gleicher Beanspruchung der Kessel, nämlich rund 15 Kilo pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche. Dieser größeren Differenz in den Resultaten entsprechen nun auch noch größere Variationen in der Behandlung der Feuer, obschon dieselben bereits beim ersten Wettheizversuche eine ganz respektable Höhe erreichten.

Nachstehende kleine Tabelle XLVI enthält die hinsichtlich der Feuer erreichten äußersten Grenzen beider Versuche zusammengestellt:

Tabelle XLVI.

	I. Versuch.		II. Versuch.	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Feuerthür geöffnet mal	300	122	402	106
Beschickt mal	168	78	226	86
Geschürt	106	17	176	3
Summa der aufgeworf. Schippen Kohlen	442	284	684	379
Gewicht der Kohle pro Schippe Kilo . .	3,75	2,38	4,3	2,8
Gewicht der Kohle pro Scharge Kilo . .	13	6,5	18	7,6
Zwischenzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schargen Minuten . . .	9—10	4—5	14—15	5—6
Rauchschieber verstellt mal	64	3	64	19

Vergleichen wir den Primus von oben mit den von unten, so ergeben die Zahlen, daß der Erste nur alle 10 Minuten eine Feuerthür öffnete, der Letzte aber alle 4 Minuten, daß jener nur 134 mal sein Feuer beschickte, dieser aber 226 mal. Die Operation des Schürens hielt der beste Heizer nur 40 mal für notwendig, der schlechteste aber 176 mal. Besehen wir uns die Folgen dieser Wühlereien im Feuer, so finden wir, daß bei dieser Arbeit des Einen die Gase mit beinahe doppelt so großer Geschwindigkeit durch denselben Querschnitt des Fuchses und mit viel höherer Temperatur strömten, als bei dem besten Heizer. In der That muß man sich noch sehr darüber wundern, daß bei der so stark variierenden Qualität der beiden Primaner die Resultate ihrer Arbeiten nicht noch größere Differenzen ergeben haben. Das hat der letzte Wettheizversuch nun wiederum gezeigt, daß das Kesselsystem „Ober- und Unterkessel und Zwischenfeuerung", welches sich stellenweise keines guten Rufes zu erfreuen hat, ebenso gute, aber auch ebenso schlechte Resultate in bezug auf Verdampfung liefern kann, wie jedes andere hochgerühmte. Die durch Versuche ermittelten Vorzüge des einen Systems gegen das andere dürften entweder ihre Erklärung finden in der verschiedenen Beanspruchung der Kessel oder in der mit obigen Zahlen ja als möglich erwiesenen, stark differierenden Behandlung der Feuer. Hierbei sind die Versuche ausgeschlossen, die den Stempel der Parteilichkeit sichtbar für einen Blinden an sich tragen, die auch weiter wohl keinen Zweck haben, als Sand in die Augen zu streuen, wenn sie auch in ein fachliches Gewand eingehüllt sind, dessen schadhafte Stellen dem Fachmann jedoch bald sichtbar werden.

An der Hand des vorliegenden Materials vom Wettheizversuch stellt Herr Chef-Ingenieur L. Vogt in seinen Berichten der obigen Wettheizversuche noch einige Betrachtungen über das Bedienen von Dampfkessel-Feuerungen an:

Man höre so oft die Ansicht äußeren, daß die einzig richtige Methode des Feuerns darin bestände, häufiger kleine Quantitäten Brennmaterials aufzugeben; die nicht seltene Wiederholung dieser Ansicht in der Fachlitteratur ist viel Schuld an der Verbreitung derselben. Weit entfernt, diese Methode für alle Fälle als falsch hinzustellen, ist dieselbe jedoch für alle Fälle nicht richtig, so lange wenigstens die Operation des Beschickens mit dem nachteiligen Öffnen der Feuerthür verbunden ist. Wer etwa behaupten will, daß die Thür in Summa doch gleich lange geöffnet bleibt, ob dasselbe Quantum Kohle in einer oder in drei Schargen aufgegeben wird, kann im günstigsten Falle nur soweit Recht haben, als es sich um das Aufwerfen des Brennmaterials handelt. Greifen wir zurück auf den obigen Wettheizversuch und teilen die Heizer in 3 Klassen: in die 5 besten, die 5 mittelguten und die 4 schlechtesten, so finden wir, daß die ersten 5 nur alle 10 bis 15 Minuten, die letzten 4 aber alle 5 bis 8 Minuten aufgeworfen haben, die mittleren 5 mit den 3 Prämiierten alle 10—12 Minuten. Ohne allzu kühn zu sein, wird man somit behaupten dürfen, daß für die Wettheizanlage und für solche, die unter ähnlichen Verhältnissen arbeiten, diese Zwischenzeit von 10—12 Minuten zwischen zwei aufeinander folgenden Schargen die wahrscheinlich günstigste ist, sodaß ein dahin gehender Versuch von solchen Heizern immer gerechtfertigt ist, welche in weit größern oder kleinern Pausen zu beschicken gewöhnt sind.

Es ist noch eine andere Operation im Feuer zu erwähnen, die eine Lieblingsbeschäftigung vieler Heizer zu sein scheint, das Schüren desselben. Hier darf man mit vollem Recht behaupten: Je seltener der Schürhaken zum Glätten des Feuers benutzt zu werden braucht, um so besser ist es. Man darf von einem tüchtigen Heizer verlangen, daß er schon bei der Operation des Beschickens vorhandene Ungleichheiten in der Lagerung des Brennmaterials auf dem Roste ausgleicht, und thatsächlich benutzt auch der tüchtigste Heizer zu diesem Zwecke selten das Instrument. Die Resultate des Wettheizversuchs bewahrheiten diese Behauptung vollständig: der Primus von unten hat genau doppelt so oft geschürt, als die drei Prämiierten zusammengenommen. Freilich giebt es Kohlensorten und aufs äußerste angestrengte Kesselanlagen, welche ein vieles Schüren erfordern.

Wettheizen im Schweizerischen Verein für Dampfkesselbesitzer.*)

Programm.

Art. 1. Sämtliche Mitglieder erhalten spätestens 14 Tage vorher Einladung zur Anmeldung eines Heizers zu diesem Wettheizen.

Art. 2. Es werden nur Teilnehmer berücksichtigt, die mindestens 3 Jahr bei ein und demselben Vereinsmitgliede geheizt haben und ein Zeugnis über gute Aufführung und gute Leistungen aufweisen können.

Art. 3. Aus der Liste der Anmeldungen werden durch das Los 10 Mann bestimmt, welche für dies Mal das Wettheizen mitmachen können und gilt zu gleich auch die Reihenfolge der Auslosung als die Reihenfolge beim Wettheizen.

*) Elfter Jahresbericht 1879.

Art. 4. Den ausgelosten Heizern wird rechtzeitig angezeigt, wann sie sich im betreffenden Lokale einzufinden, bez. an welchem Tage sie zu heizen haben.

Art. 5. Den betreffenden Teilnehmern wird aus der Vereinskasse das Fahrgeld vergütet, dagegen haben sie für Kost und Logis selbst zu sorgen.

Art. 6. Der Verein setzt 5 Prämien aus für die fünf besten Heizer im Betrag von Fr. 50, 40, 30, 20 und 10. Zudem erhält jeder prämiierte Heizer ein Zeugnis.

Art. 7. Jeder Teilnehmer hat sich dem nachstehenden Reglement zu unterziehen und auch die übrigen Anordnungen der Vereinsbeamten pünktlich zu befolgen.

Reglement.

Art. 1. Jeder Heizer heizt einen Tag lang, von morgens 5½ bis abends 7 Uhr, das Anheizen hat er selbst zu besorgen.

Art. 2. Die Kohlen werden für sämtliche Heizer von gleicher Grube und Sorte genommen und jedem genau gewogen ins Lokal geliefert.

Art. 3. Schlacken und Asche werden alle Abend gewogen, aber nicht in vergleichende Rechnung gebracht. Es steht dem Heizer frei, durchfallende Kohlenteilchen nochmals zu verfeuern oder nicht.

Art. 4. Überhaupt kann derselbe seine Arbeit verrichten, wie er es für gut findet.

Es steht ihm also frei: Die Art und Weise der Behandlung des Feuers, Benutzung von Essenschieber und Aschenfallthüre, Speisung des Kessels u. s. w.

Einzige Bedingung ist die, daß er annähernd konstanten Dampfdruck und Wasserstand hält.

Art. 5. Wie die Kohlen, so wird auch das gespeiste bez. verdampfte Wasser genau gemessen und das Quantum auf 0° C. reduziert.

Art. 6. Die Maschine wird alle 20 Minuten indiziert und die Tourenzahl durch einen Zähler bestimmt.

Art. 7. Das Schlußresultat wird gebildet aus dem Verhältnisse des Kohlenverbrauches (Brutto inkl. Anheizen) zum Quantum des auf 0° C. reduzierten Wassers, wobei die Zahl der geleisteten indizierten Pferdekräfte als Kontrolle der wirklichen Verdampfung mit in Betracht kommt, soweit dies möglich ist.

Die betreffende Anlage war sehr geeignet für Abhaltung eines Wettheizens, weil

1) die verwendete Kraft fast alle Tage gleich war,
2) der Dampf ausschließlich zur Speisung einer Maschine verwendet wurde und
3) ein erhebliches Quantum Kohlen verbrannt werden mußte; zu dem war der Betrieb des betreffenden Kessels, überhaupt die Anlage ziemlich normal.

Mechanische Verhältnisse der Anlage.

a) Kessel. Derselbe besteht in einem Lancashire-(2 Flammrohr-)Kessel mit 6 Gallowayröhren in jedem Feuerrohr und mit 2, im dritten Zuge nebenanliegenden horizontalen Vorwärmern, nebst zwei anderen Reservekesseln im gleichen Kesselhause liegend.

Erstellt war er von den Eigentümern selbst auf einen Arbeitsdruck von 5 Atm.

Durchmesser des Kessels . .	1,95 Meter,	Blechdicke 12 Millimeter
Durchmesser der Feuerröhre .	0,72 „	Blechdicke 10 Millimeter
Länge des Kessels	6,45 „	
Heizfläche des Kessels		55 Quadratmeter
Heizfläche des Vorwärmers		20 „
	Total	75 Quadratmeter
Rostfläche		2,5 „

Die Speisung geschah mittelst der Pumpe an der Maschine. Eine innerliche und äußerliche Reinigung hatte absichtlich nur oberflächlich 14 Tage vor Beginn der Proben stattgefunden, um möglichst kleine Differenzen in dem Wärmevermittelungsvermögen während denselben zu haben.

b) Maschine. Dieselbe ist liegend einzylindrisch mit vom Regulator aus betriebener Expansion, Ventiliert beim Eintritt und Schieber beim Austritt, erstellt im gleichen Jahr.

Zylinderdurchmesser	0,620 Meter
Kolbenhub	1,218 Meter.

Verschiedenen Messungen. Zur Messung der Kohle diente eine genau justierte Dezimalwage; die Temperaturen der äußeren Luft, im Kesselhaus, des Speisewassers im Reservoirs und beim Austritt aus dem Vorwärmer wurden mit gewöhnlichen Thermometern, diejenige der Rauchgase beim Übergang vom 2. zum 3. Zug mit einem Metallschrauben-Pyrometer und beim Austritt vom 3. Zug mit einem Quecksilber-Pyrometer gemessen. Zum Indizieren der Maschine dienten 2, hinten und vorn angebrachte Richard'sche Indikatoren mit Roll-Apparat zur Übersetzung des Hubes.

Alle 20 Minuten wurden hinten und vorn 1 Diagramm abgenommen, ebenso die Temperaturen und übrige Ablesungen, wie Stand des Essenschiebers, der Aschenfallthüren, Wasserstand im Glase u. s. w. gemacht. Das Speisewasser wurde in genau geaichtem Gefäße gemessen und bevor es in die Vorwärmer trat, noch durch einen Wassermesser von Kennedy geleitet. Dessen Angaben stimmten ganz ordentlich mit der direkten Messung. Er zeigte konstant etwas zu viel an und zwar durchschnittlich 2%.

Brennmaterial. Zu dem Wettheizen wurden 2 Wagen Saarkohle von der Heyde Ia zum Preise von Fr. 270,3 franko Bahnhof Luzern verwendet; sie kamen in gedeckten Wagen an und wurden auch gedeckt in einen provisorischen Schuppen an einen Haufen gebracht, sodaß keine Benetzung durch Regen stattfinden konnte. So gut als möglich wurden vom betreffenden Haufen die einzelnen Partieen in gleichmäßigster Form den verschiedenen Heizern zugeteilt. Zum Anheizen erhielt jeder 12 Kilo Spälterholz, daß er selbst in beliebiger Form zur Verwendung bringen konnte.

Zeitdauer des Wettheizens. Jeder Heizer hatte 1 Tag zu heizen, am Morgen konnte er von 4½ Uhr beliebig anheizen, 5 Uhr 30 Minuten wurde die Maschine angelassen, 7 Uhr 30 Minuten bis 8 Uhr wurde abgestellt (Frühstückszeit), 12—1 Uhr Mittagpause und dann ununterbrochener Betrieb bis abends 7 Uhr.

Nach 7 Uhr hatte jeder Heizer das Feuer und seine Rückstände zur Wägung herauszunehmen und den Rost gehörig zu reinigen. Über Nacht blieben Essenschieber und Aschenfallthüre geschlossen. Noch ist zu bemerken, daß jeweils der Montag ausgelassen wurde und zwar, um keinen Heizer in

Asche und Schlacken.		Speisewasser					Rangordnung		
Kilo	%	Kilogr.	auf 0 reduziert Kilogr. Kilogr.	per 1 Q.-Met. Heizfläche und Stunde Kilogr.	per Pferdekraft und Stunde Kilogr.	per 1 Kilogr. Kohle auf 0° reduziert	nach dem verdampften Wasser pr. 1 Kilogr. Kohle	nach dem verbrauchten Wasser pr. indiz. Pferdekr.	
132	8,4	11,440	11,176	16,9	16,5	7,19	5	9	VII
172	10,2	11,740	11,462	17,3	16,52	6,84	10	10	X
140	8,4	11,740	11,453	17,3	16,2	6,90	9	6	IX
113	7,4	11,200	10,943	16,5	15,508	7,25	2	4	II
115	7,5	11,450	11,189	16,9	16,4	7,31	1	8	I
115	6,7	12,500	12,250	18,5	15,2	7,20	4	2	III
154	9,4	11,810	11,563	17,5	16,3	7,08	7	7	VIII
141	8,9	11,280	11,058	16,8	13,8	7,02	8	1	IV
128	8,0	11,520	11,332	17,1	15,506	7,15	6	3	VI
108	7,1	11,100	10,924	16,5	15,7	7,22	3	5	V

Nachteil zu bringen, wegen der außerordentlichen Abkühlung der Anlage über den Sonntag und den entsprechenden Mehrkohlenverbrauch am Montag. Überhaupt war ein Hauptaugenmerk darauf gerichtet, sämtliche Heizer unter möglichst gleichen Verhältnissen arbeiten und die Resultate von möglichst wenig anderen Faktoren als der eigenen Leistungsfähigkeit beeinflussen zu lassen.

Resultate. Dieselben finden sich in der Hauptsache in der Tabelle XLVII zusammengestellt und gaben Anlaß, die im Programm festgesetzte Prämiierung in am Ende der Tabelle angegebener Weise vorzunehmen. Das Schlußresultat wurde gebildet durch Multiplikation der betreffenden, aus der Verdampfung von Wasser pro 1 Kilo Kohle und Verbrauch von Speisewasser pro 1 indizierte Pferdekraft hervorgegangenen Rangziffern. Es erhielten demnach Prämien Nr. 5, 4, 6, 8 und 10 im Betrage von Fr. 50, 40, 30, 20 und 10; die Übrigen gingen leer aus. Es soll dieses Resultat den Letzteren nicht zur Entmutigung dienen, im Gegenteil sie anspornen, die Fehler, die sie gemacht und meistenteils nachher selbst eingesehen haben, zu Hause nicht mehr zu wiederholen. Im allgemeinen kann das Zeugnis gegeben werden, daß auch von ihnen ganz ordentlich geheizt wurde und noch sehr viele sich Heizer nennen und als solche funktionieren, die unter gegebenen Umständen es kaum soweit gebracht, ja nicht einmal im stande gewesen wären, den Betrieb in ungestörter Weise durchzuführen.

Den Gewinnenden aber sei noch bemerkt, daß sie auf das betreffende Resultat nicht allzusehr pochen sollen. Um ein guter Heizer zu sein, braucht es noch eine Menge andere Eigenschaften, als blos die Kohlen richtig verbrennen zu können und erst dann, wenn konstatiert ist, daß sie alle diese Eigenschaften haben, können sie sich anmaßen, den Namen wirklich tüchtiger, zuverlässiger und überall brauchbarer Heizer zu führen.

Von den aufgeführten Resultaten wird noch zu der nachstehenden Diskussion Anlaß genommen:

1) Die 3 besten Heizer waren durchschnittlich 39, die drei schlechtesten 29 Jahre alt, der beste nahezu 20 Jahre älter als der schlechteste, ebenso hatten die 3 besten durchschnittlich 11½, die 3 schlechtesten durchschnittlich 5½ Dienstjahre.

Es kann daraus keineswegs geschlossen werden, daß immer die alten Heizer die besten seien, wohl aber, daß das Heizen eben wie jedes andere Handwerk gelernt und geübt sein muß und keiner von einem Tag auf den andern, wie es leider noch oft vorkommt, zu einem Heizer gemacht werden kann.

2) Das Anheizen wurde auf 3 verschiedene Arten besorgt. Einer belegte den ganzen Rost mit einem fein gespaltenen Holz, ließ dasselbe stark in Brand geraten und überdeckte dann sofort das ganze mit einer kleinen Schicht Kohlen, die, zusammen ins Feuer kommend, bei schwacher Essenschieberöffnung (150 Millimeter) den Grund zu einem richtigen Feuer und schon vor der Zeit den Normalarbeitsdruck ergaben.

Ein anderer belegte zuerst die hintere Hälfte des Rostes mit je zwei Schaufeln Kohlen, legte auf der andern Hälfte das Anfeuerholz an und nachdem dieses in Brand geraten auf dasselbe wieder einige Schaufeln Kohlen. Schließlich wurde dann, als die Kohlen vorn und hinten brannten, das Feuer ausgebreitet.

Auch dieser erreichte zur rechten Zeit den Arbeitsdruck. Andere legten einfach das Anfeuerholz vorn auf einen Haufen und darauf, nachdem das Holz brannte, die Kohlen. Nachher wurde dann der Haufen auf den ganzen Rost verstoßen.

Letztere Methode ist entschieden die schlechteste, weil während der ganzen Zeit des Anfeuerns durch die hintere Hälfte des Rostes umsomehr kalte schädliche Luft einströmt, als der Essenschieber stärker geöffnet ist.

Die 3 besten Heizer feuerten mit durchschnittlich 220, die 3 schlechtesten mit 415 Millimeter Schieberöffnung an.

Was die Zeit des Anheizens anbetrifft, so verwendeten die 3 besten Heizer durchschnittlich 42 Minuten, die 3 schlechtesten nur 28 Minuten. Es zündete der beste schon um 4 Uhr 45 Minuten, der schlechteste erst um 5 Uhr an. Es bestätigt dies die alte Lehre, das rechtzeitig angeheizt werden soll, damit nicht auf Kosten des Brennmaterials forciert werden muß. Daß der Betrieb beim zu späten Anheizen forcierter und daher ungünstiger war, geht haarscharf aus folgenden Zahlen hervor:

Die besten 3 Heizer brauchten zum Anheizen 78 Kilo Kohlen, die schlechtesten 83 Kilo, also pro Minute nicht ganz 1,9 und 3 Kilo gegenüber, im Betrieb 2,1 und 2,2 Kilo. Bei den besten war also die Verbrennung noch langsamer als im Betrieb, bei den schlechtesten viel forcierter. Trotz dem bedeutenden Mehrkohlenverbrauch konnten die 3 schlechtesten, obschon sie den gleichen Druck im Kessel antrafen, nur mit 2,9, die besten aber mit durchschnittlich 3,8 Atm. beginnen. Eine natürliche Folge davon war dann auch, daß, nachdem die Maschine ihr bestimmtes Quantum Dampf entnahm und um so gefräßiger wurde, je niedriger der Druck war, erst das Forcieren und damit die Kohlenvergeudung recht losging. Auf diese Art verpfuschten trotz großer Mühe und Arbeit, die mit den geringsten Resultaten beschiedenen Heizer ihr Geschäft.

3) Die 3 besten Heizer zerschlugen die Kohlen zu durchschnittlich halb faustgroßen Stücken einer sogar zu nußgroßen, die 3 schlechtesten aber auf höchstens faustgroß, 1 auf zwei faustgroß.

Der Erfolg bewies auch hier, daß das richtige Zerschlagen der Kohlen von Nutzen ist.

4) Beschickt haben die besten Heizer das Feuer durchschnittlich 150 mal, die 3 schlechtesten 116 mal, der beste 199 mal, der schlechteste 110 mal.

Die Zahl der Schaufeln betrug bei den 3 besten durchschnittlich 2, bei den 3 schlechtesten 3 per mal; erstere nahmen auf 1 Schaufel durchschnittlich 3,3 Kilo, letztere 4,2 Kilo, dadurch wird wiederum die bekannte Regel erhärtet, daß nicht haufenweise, sondern in kleinen Ladungen und dafür öfters aufgegeben werden soll.

Eine weitere Illustration dazu bildet folgende Zusammenstellung:

	Aufgegeben.	Zahl d. Schaufeln.	Gewicht d. Kohlen.
Der beste	199 mal	555	2,7 Kilo
Der schlechteste . . .	110 mal	392	4,3 Kilo.

5) Wenn man die Behandlung des Feuers betrachtet, so sieht man, daß die 3 besten Heizer durchschnittlich alle Stunden 3 mal geschürt haben, von den 3 schlechtesten aber, der eine, nicht einmal alle Stunden 1 mal, der andere aber alle Stunde 5 mal. Der eine hat in dieser Beziehung zu wenig, der andere viel zu viel gearbeitet und nicht nur das Feuer damit verdorben, sondern auch die Temperatur des Feuerherdes durch zu oftes Öffnen der Feuerthüren unnötiger Weise reduziert.

6) Abschlacken hat einer 6 mal, der andere gar nie; der eine zuviel, der andere zu wenig; am richtigsten arbeitete unter vorhandenen Verhältnissen derjenige, der kurz vor der Mittagpause bei fast ganz geschlossenem Essenschieber

das übrig bleibende Feuer oben weg nach hinten an einen Haufen stieß, die zurückbleibenden untenliegenden Schlacken herauszog, das Feuer wieder verteilte und leicht mit Kohlen bedeckte, und der zugleich kurz nach der ersten Hälfte des Nachmittags die gleiche Operation wiederholte.

Von Übel ist es unter gleichartigen Verhältnissen zuviel das Feuer durchzuwühlen, jeden Augenblick aber wieder ein Stück Schlacken herausreißen unter allen Umständen ein Nachteil.

7) Betrachtet man das Quantum der Schlacken und Asche, welches von den einzelnen Heizern zurückgelassen wurde, so trifft es auf die 3 besten Heizer 7,2%, auf die schlechtesten 9,3%. Da die Kohle für alle ganz gleich war, rührt diese Differenz, wie übrigens aus der Beobachtung der Rückstände klar hervorging, einzig davon her, daß die ersteren ihr Feuer besser ausbrennen ließen, bez. besser im stande waren zu beurteilen, wie viel oder wie wenig es noch brauche, um beim Abstellen der Maschine mit dem vorgeschriebenen Druck aufhören zu können.

8) Das Speisewasser hatte eine durchschnittliche Temperatur von 13,6° C. und erhielt bis zum Austritt aus dem Vorwärmer eine solche von durchschnittlich 41°, also eine Temperaturerhöhung von 27,4° C.

Bemerkbar ist, daß die 3 besten Heizer eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von 28,3° und die 3 schlechtesten nur eine solche von 26,8° aufzuweisen hatten.

9) Interessant ist die Thatsache, das derjenige Heizer, der am meisten Wasser verdampfte pro Kilo Kohle, auch durchschnittlich einen der höchsten Wasserstände (92 Millimeter) führte. Derselbe durfte sich innerhalb der Grenzen von 30—110 Millimeter im Glas bewegen und mag da wohl auf ein größeres Quantum mitgerissenes Wasser spekuliert worden sein, das ja bekanntlich nicht verdampft zu werden braucht und doch zählt. Ebenso ist konstatiert worden, daß derjenige Heizer, der den höchsten und konstantesten Dampfdruck hielt, am wenigsten Wasser und auch am wenigsten Kohlen per indizierte Pferdekraft brauchte; er hielt durchschnittlich 3,9 Atm. (äußerste Grenze 4,1 Atm.)

Das aufgestellte Programm, das in erster Linie auf das verdampfte Quantum Wasser abstellte, erlaubte nicht, diesem Heizer die erste Prämie zu geben.

10) Verschiedenes. Ganz untadelhaft heizte keiner, indem auch von den besseren 2 nicht umhin konnten, die Kohlen zu netzen; einer der schlechteren goß nicht weniger als 52 Liter, einer 47 und 28 und einer 9 Liter zu diesem Zwecke aus.

Ein Netzen von Saarkohlen ist auch dann von Nachteil, wenn sie etwas stauben. Ebenso begingen mehrere, auch von den besseren, den Fehler, daß sie beim Aufgeben der Kohlen den Essenschieber nicht schlossen.

Bemerkenswert ist, daß von sämtlichen Heizern nur 2, zu der besseren Hälfte gehörend, unaufgefordert die Garnituren im Laufe des Tages einer Reinigung unterwarfen, daß ferner 2, ebenfalls von den besseren, konsequent darauf hielten, daß die Thüre des Kesselhauses (sich gerade gegen die Einfeuerung öffnend) den ganzen Tag geschlossen sei.

Wie verschiedenartig sich die Leute benahmen, zeigt der Umstand, daß der eine wie Quecksilber die ganze Zeit herumfuhr, bald zum Essenschieber, bald zur Feuerthür, um geschwind hineinzusehen, bald zum Speisehahn, bald zum Kohlenhaufen, der andere die meiste Zeit wie angenagelt vor dem Kessel stand

und sich erst rührte, wenn er ungefähr glaubte, daß es wieder Zeit sei einmal aufzulegen oder den Speisehahn zu öffnen. Ein anderer vertrieb sich die Zwischenzeit damit, die Maschine, die ihn mehr als der übrige Handel interessierte, zu studieren, ein anderer klopfte vorkommende Lehmadern aus den Kohlen und wieder ein anderer glaubte sich mit Erzählen von schlechten Witzen angenehm zu machen.

11) Schluß. Berücksichtigt man, daß nach dem Programm nur Heizer zugelassen wurden, die mindestens 3 Jahre geheizt hatten (in Wirklichkeit hatten sie durchschnittlich 7,2 Jahre Dienstzeit), daß sämtliche ein gutes Zeugnis beizubringen hatten, so ist doch gewiß sicher, daß eine Anzahl Heizer zusammen gekommen war, die, wenn die Gesamtzahl der Heizer in 2 Hälften gute und schlechte geteilt würden, in die bessere Hälfte rangiert werden könnten. Wenn nun daher unter Zugrundelegung der Verbrauchsresultate pro Pferdekräfte und Stunde eine Differenz von 18,2% im Kohlenverbrauch zwischen den besten und schlechtesten gefunden wurde, so kann man annehmen, daß zwischen den bessern und schlechtern Heizern überhaupt mindestens die doppelte Differenz existiert und daß, wenn man alles gute Heizer hätte (es gilt dies sowohl für Landmaschinen-, als Dampfschiff-, als Lokomotiv-, Gasheizer und Heizer der gewöhnlichen Öfen), man eine Kohlenersparnis von mindestens obigen 18,2% in Aussicht nehmen könnte.

Es kann daher ganz wohl der Fall vorkommen, daß durch Verbesserung des Heizers, der Betrieb einer Anlage u. s. w. Brennmaterial um 36% billiger zu stehen kommt.

Daß wir jemals dazu kommen, alle gute Heizer zu haben, ist nicht anzunehmen, so wenig als es irgend einmal einen Moment geben wird, wo wir überhaupt alle gute Menschen sein werden. Es mögen aber obige Zahlen doch beweisen, daß es wohl der Mühe wert ist, sich um den Heizerstand zu kümmern und daß ein guter Heizer wirklich etwas wert und mehr ist, als ein gewöhnlicher Handlanger, für den er leider noch stellenweise angesehen wird, gänz abgesehen davon, daß einem Heizer an Leben und Eigentum in den meisten Fällen so außerordentlich viel anvertraut werden muß.

Ferner darf man wohl ohne zu große Kühnheit behaupten, daß durch solche Wettheizversuche bei vielen Heizern das Interesse an ihrer Arbeit geweckt und dort, wo solches vorhanden ist, rege erhalten wird, weil sie sehen, daß von Seiten ihrer Prinzipale Wert auf ihre Arbeit gelegt wird.

Ein Jeder aber, der mit Interesse seinen Dienst verrichtet, wird unstreitig ein besseres Stück Arbeit liefern als der abgestumpft die vorgeschriebenen Stunden abarbeitet.

Versuche über mitgerissenes Wasser.*)

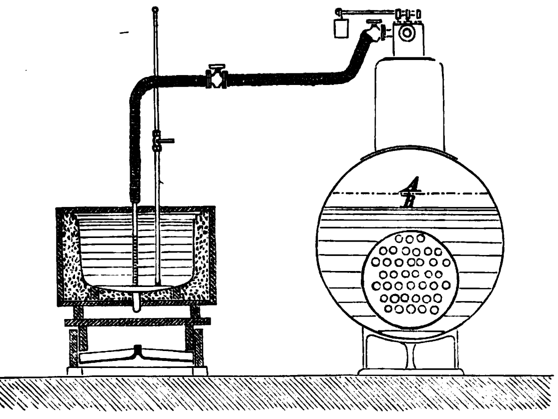
Bei Besprechung der obigen Resultate des Wettheizens wurde darauf aufmerksam gemacht, daß der Heizer, der am meisten Wasser verdampfte, auch einen der höchsten Wasserstände führte und daß derselbe unzweifelhaft auf eine gehörige Portion mitgerissenes Wasser spekuliert habe.

Um nun zu untersuchen, ob und wieviel mehr bei höherem Wasserstand Wasser mitgerissen werde, als bei niederem, wurde bei einem, den betreffenden

*) Elfter Jahresbericht (1879) des Schweizerischen Vereins für Dampfkesselbesitzer.

Beamten gerade zur Verfügung stehenden Kessel mit 1 Feuerrohre und Sieberöhren die in Figur 54 dargestellte Einrichtung getroffen. *A* zeigt den höchsten *B* den niedrigsten Wasserstand.

Zur Beantwortung der gestellten Fragen konnte die kalorimetrische Methode ganz gut gewählt werden, weil es sich nur um Vergleichung handelte und alle eventuellen Wärmeverluste ganz gleich auf sämtliche Resultate influieren mußten, ebenso auch die Art der Entnahme des Dampfes für alle Fälle gleich war.



Figur 54.

Der Meßapparat bestand aus einem eisernen Gefäß das in einen hölzernen Kasten gestellt und sorgfältig mit einer dicken Lage Schlackenwolle umgeben, sodaß der ganze Zwischenraum mit einem sehr schlechten Wärmeleiter ausgefüllt war. Das Ganze wurde dann auf eine genaue Wage gestellt.

Die Dampfleitung vom Lokomobilkessel her und Wasserleitung zum bequemen Wiederfüllen mündete frei in den Kasten, ohne beim Wägen zu genieren. Ebenso war eine bequeme Ablaßvorrichtung angebracht. Die Dampfleitung wurde mit Stroh und Tuchenden sehr gut eingehüllt, um möglichst Wärmeverluste zu vermeiden, der Manometer kontrolliert und Temperatur des Wassers vor und nach dem Versuch genau gemessen, ebenso die Wägung möglichst genau vorgenommen.

Auf diese Weise wurden an 2 aufeinander folgenden Tagen zusammen 24 Versuche gemacht, welche aus einer Anzahl gleichartiger das Mittel genommen, folgende 6 Hauptresultate gab:

Tabelle XLVIII.

	Erster Tag.			Zweiter Tag.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Wasserstand im Glas	117	71,64	25,5	113,83	64	10,16
Dampfdruck, Atmosphären . . .	3,07	2,94	2,95	2,98	2,94	2,95
Gewicht des Wassers vor dem Versuch, Kilo	108,33	107,143	108,33	110	110	110
Gewicht des Wassers nach dem Versuch, Kilo	123,33	122,143	123,33	125	125	125
Temperat. vor dem Versuch °C.	5,08	5,178	4,54	4,33	4,625	4,64
Temperat. nach dem Versuch °C.	80,00	82,017	80,79	78,54	79,5	79,917
Flüssigkeitswärme, Kalorien . .	134,66	133,22	133,33	133,66	133,16	133,36
Latente Verdampfungswärme, Kalorien	512,58	513,6	513,52	513,9	513,6	513,49

Hieraus ergaben sich dann nach der Formel:

$$\frac{G_1 \cdot T_1 - (G_1 - G) \cdot F - G \cdot T}{V \cdot (G_1 - G)} = \text{reiner Dampfgehalt;}$$

wobei G = Gewicht des Wassers vor dem Versuch in Kilo
G_1 = „ „ „ nach „ „ „ „
T = Temperatur des Wassers vor dem Versuch in °C.
T_1 = „ „ „ nach „ „ „ „
F = Flüssigkeitswärme in Kalorien per 1 Kilo
V = Verdampfungswärme in Kalorien per 1 Kilo bedeutet
folgende Prozentsätze für mitgerissenes Wasser:

	Erster Tag.			Zweiter Tag.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Prozent	5,12	3,12	3,00	4,826	3,546	2,907

Es bedarf wohl keine weitere Erörterung mehr, daß der gleiche Kessel bei sehr hohem Wasserstand viel mehr Wasser speit, als bei mittlerem und niederm. Natürlich werden die Unterschiede um so größer sein, je mehr überhaupt der Kessel zum Mitreißen von Wasser geneigt ist.

Unzweifelhaft würden ähnliche Versuche z. B. mit einem gewöhnlichen Kessel mit 2 Feuerröhren erheblich geringere Differenzen geben.

Zur näheren Erörterung über den Wassergehalt des Dampfes geben wir hier gleichzeitig noch folgende Abhandlung.

Wassergehalt des Dampfes.

Die Ansichten über den Wassergehalt des Dampfes in den Dampfkesseln u. s. w. sind in neuerer Zeit immer widersprechender geworden und hat es sich Herr Cario angelegen sein lassen hierüber durch eine in der Zeitschrift des Verbandes der Dampfkessel-Überwachungs-Vereine Nr. 11. Jahrg. IV, gebrachten Abhandlung nähere Aufklärung zu geben und seine Ansichten durch Beobachtungen und Experimente begründet. Ihm gebührt das Verdienst, zuerst neues und helleres Licht in die Sache gebracht und Anregung zum weiteren Nachdenken und Erforschen gegeben zu haben. Wir wollen daher nicht verfehlen diesen angeregten sehr wichtigen Thatbestand hier noch weiter zu verfolgen.

Es ist ja eine längst bekannte Thatsache, daß der in Dampfkesseln erzeugte Dampf stets Wasser enthält, welches mit fortgeführt wird und Verluste verursacht, indem es Wärme konsumiert ohne Arbeit zu entwickeln, ferner in den Dampfmaschinenzylinder schädlich wirkt und bei Bestimmungen der Verdampfungsfähigkeit von Kessel-Anlagen die Genauigkeit der Resultate beeinträchtigt.

Wegen des ersteren Umstandes sucht man das sogenannte „Mitreißen" des Wassers zu vermeiden, wegen des zweiten Umstandes bemüht man sich das Wasser abzuscheiden, und im dritten Falle hat man die Menge des im Dampf enthaltenen Wassers zu bestimmen.

Um hierbei die richtigen Wege einzuschlagen und zweckentsprechende Mittel ergreifen zu können, müssen die einschlägigen Verhältnisse und Vorgänge im Kessel genau und klar bekannt sein. Daß dies noch wenig der Fall war, zeigen die sehr widersprechenden Meinungen und Resultate darauf bezüglicher Abhandlungen und Untersuchungen.

Wenn man von „Mitreißen" des Wassers durch den Dampf spricht, so denkt man sich offenbar den Dampf in so großer Geschwindigkeit befindlich, daß er Wassertropfen durch Reibung fortbewegt, wie ein Gewittersturm etwa die Regentropfen. Es muß einleuchten, daß diese Vorstellung irrig ist, sobald man sich vergegenwärtigt, wie äußerst geringe Geschwindigkeit der Dampf in gewöhnlichen Kesseln haben muß, denn wenn auch der Dampf in unmittelbarer Nähe des Absperrventiles schnell abströmt, so wird sein Raum doch ausgefüllt durch Expansion des gesamten Dampfvorrates, und dabei kommt auf jedes Dampfteilchen nur eine sehr geringe Bewegung.

Ebenso wenig kann Wasser durch Adhäsion am Dampfe haften bleiben wegen zu kleiner Masse des letzteren.

Dagegen hat das Wasser die Eigenschaft sich mit luftförmigen Körpern mechanisch zu mischen und ein Produkt zu bilden, welches wir Schaum nennen. Bei natürlichen Wasserfällen ist diese Erscheinung sehr deutlich.

Gewisse Substanzen vom Wasser aufgelöst oder demselben beigemischt vermehrte diese Eigenschaft desselben, indem solche Stoffe, wie z. B. Seife und fast alle im Wasser löslichen organischen Stoffe besonders schleimige, dünne Flüssigkeitshäutchen verursachen, welche die Luftblasen umgeben (Seifenblasen). Je reiner das Wasser ist, um so schneller vergeht der Schaum wieder, wie in einer Selterwasserflasche beim Öffnen, gegenüber der Schaumbildung in einer Bierflasche.

Ebenso wie Luft mischt sich Dampf mit Wasser zu Schaum, und zwar selbst mit chemisch reinem Wasser. Kocht man destilliertes Wasser in einem engen Reagensglase, welches nur teilweise angefüllt ist, so wird der Schaum leicht bis an den oberen Rand des Glases hinangetrieben, allerdings um so weniger hoch, je weiter das Glas ist, sodaß man in einem flachen Kochgefäß bei reinem Wasser von Schaum nicht mehr reden kann.

In Dampfkesseln kann aber auch bei flachem Stande reinen Wassers Schaum gebildet werden, nämlich in dem bestimmten Falle abnehmender Spannung. Dabei enthält das Wasser einen Überschuß von Wärme, und an jedem Wasserteilchen innerhalb der ganzen Masse wird gleichzeitig etwas Dampf entwickelt. Die ganze Wassermenge ist also mit Dampf gemischt, und gerät daher in schäumenden Zustand, wie der Inhalt der Selterwasserflasche im Moment des Öffnens. Nur ist im Kessel dieser Zustand dauernder, weil die Wasserentlastung allmählicher stattfindet. Ist dabei nun der Dampfraum so groß, daß der Schaum nicht bis an das Ausgangsventil hinanreicht, so erhält man trockenen Dampf, im andern Falle aber Schaum, d. i. nassen Dampf.

Der Schaum steigt um so höher je beständiger er durch Beimischungen des Wassers ist, und wird auch bald den größten Dampfraum ausfüllen, wenn er schneller gebildet wird als er sich auflöst. Daher kann ein großer Dampfraum durchaus nicht immer als ein Mittel zur Vermeidung des nassen Dampfes angesehen werden.

Die Menge des über ein Quadratmeter Wasseroberfläche gebildeten Schaumes steht offenbar in direktem Verhältnisse mit der Menge des aus dieser Fläche entstandenen Dampfes.

Diese Dampfmenge ist wiederum abhängig von der Intensität der Feuerung und von der Größe der unter dieser Wasseroberfläche befindlichen Heizfläche. Daher müssen Röhrenkessel schäumenderen oder nasseren Dampf liefern als einfache Zylinderkessel. — Von zwei neben einander liegenden Dampfkesseln desselben Etablissements, die mit demselben Wasser gespeist wurden, war der eine ein horizontaler Heizröhrenkessel mit besondern Dampfsammler und Unterfeuerung, der andere ein zylindrischer Doppelkessel (1 Ober- und 1 Unterkessel mit Zwischenfeuerung.) Beide Kessel wurden ungefähr gleich stark gefeuert. In dem ersteren Kessel hatte sich aber der Schaum bis an die höchsten Stellen des Dampfsammlers gezogen, was er durch Absetzen von Schlamm verriet, während er im zweiten Kessel nur eine Höhe von 150 bis 200 Millimeter erreicht hatte. Die Beimischungen des Wassers, welche sich auch an den Blechen des Dampfraumes vorfanden, bestanden einfach aus Lehm, und zwar in verhältnismäßig geringen Mengen.

Bei andern Kesseln wurde bemerkt, daß bei mäßig hoher Schaumschicht, dieselbe nach dem Dome zu, aus welchem der Dampf abgezogen wurde immer höher gestanden hatte.

Außer der Schaumbildung giebt es aber auch noch andere Vorgänge, welche nassen Dampf verursachen können.

Kondensierter Dampf bildet zuerst äußerst kleine Wasserpartikelchen, welche so fein zerteilt sind, daß ihr spez. Gewicht nicht größer ist als das des Dampfes. Solch kondensiertes Wasser bilden die Wolken unsrer Atmosphäre, welche dauernd in der Luft schweben können, und noch dazu in den höheren leichteren Luftschichten, ohne sich abzusetzen. Es ist klar, daß sich Wasser dieses Zustandes auch sehr hartnäckig im Dampf erhält. Erst wenn eine größere Menge solchen Kondensationswassers vorhanden ist vereinigen sich viele der Partikelchen zu Wassertropfen, die dann niedersinken.

Die gewöhnlichste und bekannteste Ursache der Bildung von Kondensationswasser ist die Abkühlung, über die hier weiter nicht zu sprechen notwendig erscheint.

Weniger wird folgender Umstand beachtet, welcher Kondensation verursachen kann.

Hat man in einem Glasgefäße trocknen aber gesättigten Dampf von der Temperatur der Umgebung eingeschlossen, und verkleinert diesen Raum z. B. durch Verschieben eines Kolbens, so steigt die Spannung des Dampfes zunächst nicht, da die Temperatur desselben unverändert ist, sondern es verdichtet sich eine der Raumverengung entsprechende Menge Dampf zu Wasser von der bekannten Wolkenbeschaffenheit. Die bei dieser Verdichtung frei werdende Verdampfungswärme teilt sich erst dem übrig bleibenden Dampfe mit und erhöht dessen Temperatur und Spannung etwas.

Ganz ebenso muß die Erscheinung im Dampfkessel sein, wenn darin die Spannung steigt. Der noch vorhandene Dampf von vorher wird komprimiert ohne daß seine Temperatur erhöht wird, deshalb muß ein Teil zu Wasser verdichten, soviel nämlich, daß die frei gewordene Verdampfungswärme den übrigen Dampf auf die Temperatur bringt, welche der neuen Spannung entspricht.

Auch die Spannungsabnahme muß eine Wirkung haben, welche nebligen Dampf erzeugt, abgesehen von der schon besprochenen damit zusammenhängenden Schaumbildung.

Man beobachtet überall in der Natur, daß wenn Wasser wärmer ist als seine Umgebung, dasselbe auf der Oberfläche verdunstet, einen Nebel erzeugt,

welcher dasselbe Produkt ist, wie wolkiges Kondensationswasser. Im Dampfkessel ist auch das Wasser bei abnehmender Spannung wärmer als der Dampf und wird zum Teil verdunsten.

Wenn man diese Ursachen und Vorgänge der Bildung nassen Dampfes erkannt und richtig befunden hat, so kann es nicht schwer sein, die richtigen Mittel für Vermeidung des Wassergehaltes zu finden, soweit es solche überhaupt giebt und geben kann. Es ist natürlich, daß diese Mittel verschieden sein müssen, je nachdem die eine oder die andere Ursache, ferner ob Schaum oder Kondensationswasser, oder ob endlich beide zugleich in Frage kommen.

In Fällen, wo Schaum aus reinem Wasser, infolge von Selbstverdampfung des entlasteten Kesselwassers entsteht, hat man einfach für gleichmäßigen Kesselbetrieb zu sorgen; ebenso ist hierbei ein reichlich bemessener Dampfraum ein richtiges Mittel. Dagegen ist ein solcher zwecklos bei Schaum, welcher von gewissen Stoffen herrührt und sich trotz Raum und Zeit langsamer auflöst als entwickelt; ein großer Dampfraum würde hier der großen Abkühlungsfläche wegen nur schädlich sein. In diesem Falle würde also vorherige Reinigung des Speisewassers von den schaumbildenden Stoffen das einzige Mittel sein, um Schaum zu *vermeiden*. Es liegt auch im Bereiche der Wahrscheinlichkeit, daß sich oft Zusätze finden lassen, welche die Schaumbildung verhüten. Mit Zusätzen zum Speisewasser zu andern Zwecken, besonders als Antikesselsteinmittel, ist natürlich Vorsicht geboten. Es sind Fälle bekannt, wo durch ein solches Mittel derartiger Schaum entstand, daß er noch im Abgangsdampf der Maschine zu bemerken war.

Endlich kann auch die Energie der Verdampfung in solchen Grenzen gehalten werden, daß unter den jeweilig vorliegenden Verhältnissen die Schaumbildung nicht bis zum Dampfausgangsventil empor treibt.

Der Bildung von Kondensationswasser ist vorzubeugen durch Verhütung der Abkühlung. Ferner durch Vermeidung von Spannungszunahmen, sowie von Spannungsabnahmen, mit einem Worte, von Druckschwankungen. Da durch Druckschwankungen auch Schaum erzeugt wird, so muß Gleichmäßigkeit in der Dampfspannung als besonders wichtige Regel für Erzeugung trocknen Dampfes gelten.

Eine andere Aufgabe ist die, den Dampf zu trocknen, wo er nicht gleich trocken erzeugt werden konnte.

Schaum wird unschwer zu beseitigen sein, indem man den ganzen Dampf durch eine siebartig klein durchlöcherte Wand führt.

Kondensiertes Wasser dagegen dürfte sich, solange es in Form von Wolken vorhanden ist, *nur* durch Überhitzen des Dampfes beseitigen lassen, demnach ist es also sehr zu empfehlen, den letzten Feuerzug über den Dampfraum des Kessels zu führen. Da sich solches Wasser durch sein Gewicht nicht absetzt, müssen auch alle andern mechanischen Mittel, wie Zentrifugalkraft und Trägheit unbedingt versagen. Ist aber die Verdichtung bis zur Tropfenbildung fortgeschritten, dann setzt sich das Wasser ohne weitere Mittel einfach ab. Nur wenn nach solcher Verdichtung der Dampf nicht mehr zu einiger Ruhe gebracht werden kann, haben jene mechanischen Mittel einen Sinn.

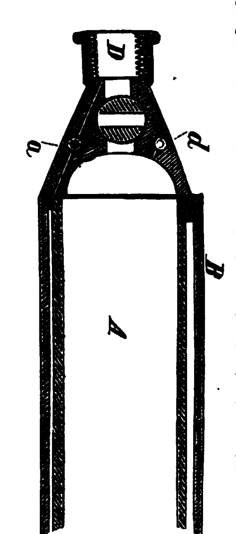
Eine dritte Aufgabe endlich besteht in der Bestimmung des im nassen Dampfe enthaltenen Wassers.

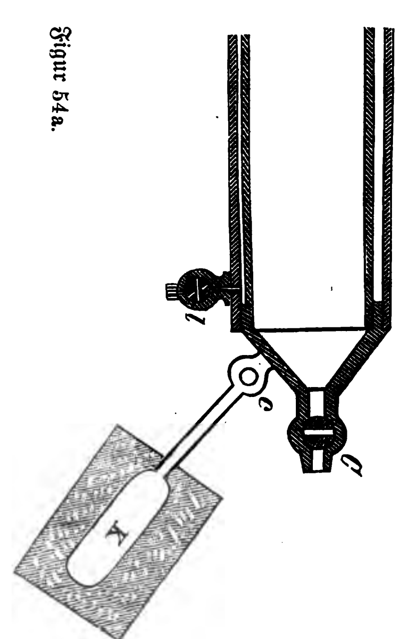
Für diese Bestimmung sind drei Methoden zu unterscheiden. 1) Die kalorische Methode. 2) Die chemische Methode. 3) Die mechanische Methode (Cario's Gewichtsverfahren).

Die kalorische Methode hat sich nicht bewährt, indem sie so sorgfältig und umständlich durchgeführt werden muß, daß sie in der Praxis unanwendbar wird. Aber auch bei der größten Sorgfältigkeit hat sie unwahrscheinliche und selbst unmögliche Resultate geliefert.

Die chemische Methode stützt sich auf nicht ganz sichere Voraussetzungen, ist unzuverlässig in der Genauigkeit der Resultate, trifft aber vor allem nicht das im Dampfe enthaltene Kondensationswasser.

Dagegen erscheint Cario's Gewichtsverfahren durchaus korrekt und zuverlässig und soll deshalb hier mitgeteilt werden.





Figur 54a.

Cario's Verfahren der Wassergehaltsbestimmung ist folgendes:

Ein bestimmtes Volumen des zu untersuchenden Dampfes wird gewogen, und darauf dasselbe Volumen trocknen Dampfes von derselben Spannung seinem Gewicht nach bestimmt. Das Mehrgewicht des ersten Dampfes ist das in ihm enthaltene Wasser.

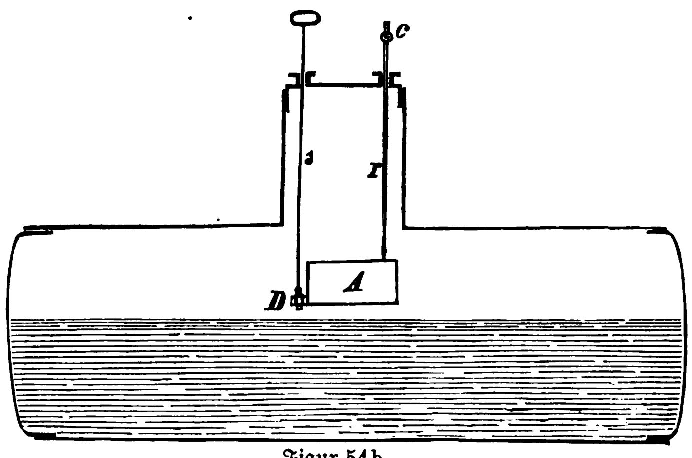
Es wiegt z. B. $^1/_{20}$ Kubikmeter trockner Dampf von $3^1/_2$ Atmosphären Spannung 93 Gramm. Findet man dasselbe Volumen nassen Dampfes 100 Gramm, so muß in letzterem 7 Gramm Wasser enthalten sein, d. i. 7 $^0/_0$ Wassergehalt. Chemische Wagen geben die Gewichte bis auf $^1/_{1000}$ Gramm genau an, mithin läßt sich der Wassergehalt bis auf $^1/_{1000}$ Proz. genau bestimmen. Für gewöhnliche Zwecke genügt also eine einfach gute Wage, welche das Gewicht auf $^1/_{16}$ Gramm genau angiebt.

Außer dieser Wage ist nur noch ein Meßgefäß erforderlich, das für allgemeine Zwecke die Gestalt der Figur 54a hat. *A* ist das Meßgefäß, welches von einem Mantel *B* umgeben ist, der mit Dampf gefüllt werden kann mittelst des Hahnes *a*. Aus dem Hahne *l* wird Luft und Kondensationswasser aus dem Mantel abgelassen. Mit dem Gewinde *D* wird der Apparat an ein Ansatzstück geschraubt, das an dem Gefäß, dessen Dampf untersucht werden soll, befestigt ist. Werden die Hähne *C* und *D* geöffnet, so füllt sich das Gefäß mit Dampf, in welchem wegen des Heizmantels keine Abkühlung stattfinden kann. Bei *d* wird ein Manometer angeschraubt zur Beobachtung der Spannung. Ferner ist ein kleiner leichter Kolben *K* mit dem Hahne *c* angeschraubt,

in Eis gekühlt. Nachdem das Gefäß gefüllt, wird c geöffnet und der ganze Dampf kondensiert vollständig in K, welcher nun abgeschraubt und gewogen wird. Man kann auch den langen engen Hals von K einteilen, und die Größe von K dem Gefäß und der Dampfspannung anpassen, so läßt sich sehr genau das Wasser nach seinem Volumen bestimmen. Für die Gewichte des trocknen Dampfes stellt man auf diese Weise eine genaue Tabelle her und braucht bei jeder Untersuchung nur eine Bestimmung auszuführen.

Diese Einrichtung ist ganz allgemein anwendbar.

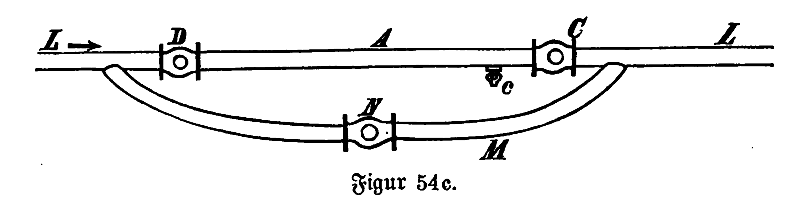
Soll der Apparat speziell den Zweck haben, an einem Dampfkessel dauernd angebracht zu sein, um die Untersuchung zu jeder Zeit zu ermöglichen, so ist die einfache Einrichtung Figur 54b anwendbar. Das einwandige Meßgefäß A



Figur 54b.

ist im Kessel untergebracht, ein Hahn D ist mittelst einer Stange s von außen her zu öffnen und zu schließen. Außerdem führt ein Rohr r nach außen, das dort einen Hahn c trägt. Bei offnen Hähnen füllt sich das Gefäß mit Dampf, worauf dieselben geschlossen werden. Dann schraubt man bei c den Wiegekolben K (Figur 54a) an und öffnet c, so kann die Dampfmenge bekannter Weise bestimmt werden.

Den Dampf aus einer Leitung zu untersuchen ist die spezielle Einrichtung Figur 54c zweckmäßig. L sei die betreffende Leitung, so wird das Bogen-



Figur 54c.

rohr M mit dem Ventile N eingeschaltet. Das Stück Rohr A zwischen den Ventilen D und C dient als Meßgefäß. Im gewöhnlichen Betriebe sind D und C offen, N geschlossen. Schließt man darauf hintereinander C und D

und öffnet N, so erleidet der Betrieb keine Störung, und in A ist eine bestimmte Quantität Dampf abgesperrt, der an dem Hahne c abgezapft und bestimmt wird.

Prüfung von Brennmaterial.*)

Es ist sehr zu empfehlen, daß jeder Besitzer von Feuerungsanlagen sich vor unregelmäßiger Bedienung in bezug auf Kohlenqualität seitens seines Lieferanten schützt, und mag dazu folgendes Verfahren dienen.

Jede große Fabrik, welche ein kleines chemisches Laboratorium besitzt, ist im stande dies Verfahren bei sich einzuführen und den Vorteil desselben wahrzunehmen. Es wird von jedem Waggon oder Ladung Kohle eine durchschnittsprobe in bekannter Weise durch Mischung gewonnen, welche etwa von allen Schichten des Wagens enthält. Diese Probe wird einer einfachen Analyse durch Reduzierung von Blei aus Bleioxyd unterworfen, welche mit wenig Übung leicht durch einen gewöhnlichen Gehülfen auszuführen ist.

1 Gramm Kohle ganz fein pulverisiert wird mit 50 Gramm Bleioxyd gut zusammengemischt und dies Gemenge im Porzellantiegel mittelst eines Gebläses oder in einem Windofen geschmolzen; bei letzterem muß der Porzellantiegel in einen hessischen Tiegel gesetzt werden. Über die Mischung breitet man eine dünne Decke von Bleiglätte, um die Luft abzuschließen. Das durch Schmelzen reduzierte metallische Blei setzt sich in ungefähr einer Viertelstunde als rundlicher Klumpen auf den Boden des Tiegels; der Tiegel wird zerschlagen, das Blei herausgeholt und nach dessen Gewicht die Qualität der Kohle geschätzt. 28 Gramm metallischen Bleies repräsentiert eine gute schlesische Durchschnittskohle, mit welcher man sich in Schlesien begnügt.

Außer dieser Bleiprobe kann man auch den Aschengehalt der Kohle bestimmen, indem 5 Gramm von oben erwähnter Durchschnittsprobe (lufttrocken gewogen) in einer Platinschale geglüht werden. Anfangs geschieht das Glühen nur schwach, wird aber unter beständigem Umrühren mit einem Platindraht allmählich gesteigert, bis seine blanke Asche erscheint, welche nach dem Abkühlen wieder gewogen wird.

Wenn diese Methode der Kohlenbestimmung durch Bleireduktion auch von einigen Chemikern verworfen wird, da sie nicht den Grad der Genauigkeit erreicht, den die Wissenschaft verlangt, so ist sie doch für die Praxis von großem Wert, namentlich da sie nur wenig geübte Kräfte zur Ausführung verlangt.

Apparate zur Untersuchung der Verbrennungsgase.

In dem Werke über „Vollständige Dampfkessel-Anlage" Seite 493 erläuterten wir den Zweck und die Wichtigkeit solcher Apparate und beschrieben da auch den bis dahin bekanntesten und gebräuchlichsten Apparat (Orsat'schen). Es sind inzwischen bedeutende Fortschritte in diesen Apparaten gemacht worden, von welchen wir nur diejenigen (weiter unten nebst Illustrationen) beschreiben

---

*) Siebenter Geschäftsbericht (1877) des Schlesischen Vereines zur Überwachung von Dampfkesseln. Breslau.

wollen, die schon bereits mit gutem Erfolge in der Praxis Verwendung gefunden haben.

Wie wichtig die Untersuchung der Feuerungsgase ist, namentlich den Gehalt der Kohlensäure kennen zu lernen, geht aus folgender Rechnung hervor:

100 Kilo Kohlen haben zur Verbrennung zu Kohlensäure im Maximum 266,6 Kilo Sauerstoff nötig. Da 1 Liter Sauerstoff 1,43 Gramm wiegt, so entsprechen die 266,6 Kilo Sauerstoff 186,5 Kubikmeter. Ist Luft der Sauerstofflieferant, so besteht das Gasgemenge bei vollständiger Verbrennung ohne Luftüberschuß aus 888 Kubikmeter, nämlich aus 701,5 Kubikmeter Stickstoff und 186,5 Kubikmeter Kohlensäure. Diese 888 Kubikmeter Luft sind im Minimum jedenfalls nötig, um 100 Kilo Kohle zu verbrennen, und besteht das Gasgemenge alsdann aus 21 Volumenprozent Kohlensäure.

Enthält dasselbe nur 18 Volumenprozent Kohlensäure, so sind zur Verbrennung von 100 Kilo Kohle

$$100 \cdot \frac{186,5}{18} = 1036 \text{ Kubikmeter}$$

nötig, bei 16 Volumenprozent Kohlensäure 1165 Kubikmeter Luft u. s. w., so daß den verschiedenen Gehalten der Verbrennungsgase an Kohlensäure soviel Kubikmeter Luft entsprechen als in Kol. 2 der, nach der von Haseuclever angegebenen hier benutzten Methode*) ausgerechneten Tabelle XLIX angegeben sind.

Da bei den gewöhnlichen Feuerungsanlagen die Verbrennungsprodukte durch Schornsteine entweichen, so geht eine gewisse Wärmemenge dadurch verloren, daß die Gase, um Zug zu erzeugen, am Fuße des Schornsteins wärmer als die äußere Luft sein müssen. Angenommen, daß die Verbrennungsgase mit 200° C. in die zum Schornstein führenden Feuerungskanäle entweichen, so ergiebt sich aus der Tabelle, daß dieser Verlust bei an Kohlensäure armen Gasen größer ist als bei reichen Gasen. Die den verschiedenen Volumenprozenten entsprechenden Verluste lassen sich annähernd in Wärmeeinheiten ausdrücken, wenn man die betreffenden Kubikmeter Luft auf Gewicht reduziert (1 Kubikmeter Luft = 1,3 Kilo), dann mit der spezifischen Wärme der Luft = 0,24 und (bei der hier angegebenen Temperatur der Verbrennungsgase von 200°) mit 200 multipliziert. In Kol. 3 der Tabelle sind die so gefundenen Wärmeeinheiten eingetragen, welche verschiedenen Volumenprozenten entsprechen.

Um diese Wärmeeinheiten z. B. auf Steinkohle zurückzuführen, kann man annehmen, daß 1 Kilo Kohle 800° C. entspricht, und erhält man alsdann für die verschiedenen Volumenprozente der Gase an Kohlensäure die in Kol. 4 der Tabelle aufgeführten Werte und zwar Kohlen in Kilo. Die Kol. 4 giebt, da von 100 Kilo Kohlen ausgegangen wurde, die Verluste an Kohlen in Prozenten.

Es mag dieser Rechnung neben anderen Ungenauigkeiten vorgeworfen werden, daß die Zusammensetzung und der Aschengehalt der Kohle unberücksichtigt blieb, daß, weil die Verbrennungsgase aus Kohlensäure, Luft und Stickstoff gemengt sind, die spezifische Wärme nicht 0,24 sei u. A. Indessen ist doch manches Interessante und für die Praxis Brauchbares aus der Tabelle zu entnehmen, und es dürfte bei Berücksichtigung aller Umstände die Rechnung an Klarheit verlieren. Wenn man bedenkt, daß wir mit nicht übermäßiger

---

*) Wochenschrift des Vereins Deutscher Ingenieure Nr. 42. 1880.

Aufmerksamkeit Kohlen mit 14 % Kohlensäure in den abziehenden Gasen auf gewöhnlichem Rost verbrennen können, die Feuerungsgase von Dampfkesseln aber nach den Untersuchungen zuweilen nur $1 \frac{1}{2}$ und 3 % Kohlensäure enthalten, so liegt der Nutzen, mit reichen Gasen zu arbeiten, auf der Hand. Es ist natürlich in der Praxis nicht möglich, ohne Luftüberschuß zu arbeiten; nach der Tabelle liegt aber der Hauptvorteil darin, die armen Gase zu vermeiden, während der Unterschied der Kohlenersparnis bei mehr oder weniger reichen Gasen zwischen je einem Volumenprozent nicht groß ist.

Daß sich in der Tabelle für 100 Kilo Kohle bei 1 Volumenprozent Kohlensäure in den Gasen ein Verlust von 145,4 % ergiebt, liegt in der für so arme Gase nicht zu erreichenden Annahme, daß die Gase 200° C. warm sein sollen.

Auf 100 Kilo Kohlen:

Tabelle XLIX.

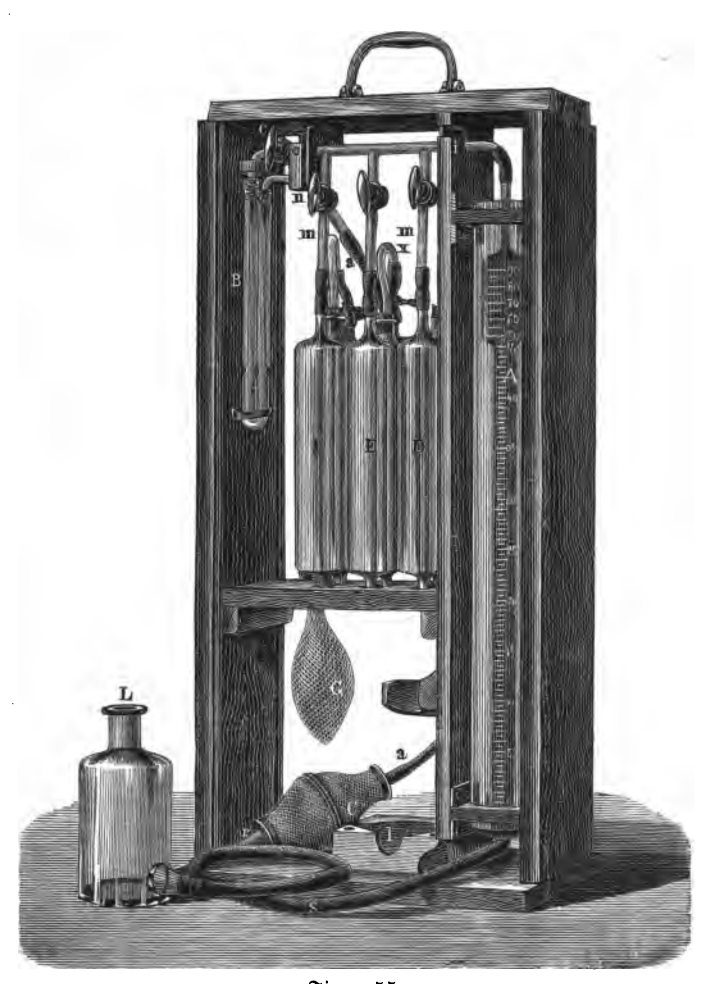
Volumenprozent.	Luft Kubikmeter.	Verlust an Wärmeeinheiten.	Verlust in Kilo Kohlen, wenn 1 Kilo = 800° C.
21	888	55 400	6,9
20	932	58 156	7,2
19	981	61 214	7,6
18	1036	64 426	8,0
17	1097	68 452	8,5
16	1165	72 696	9,0
15	1243	77 563	9,6
14	1332	83 116	10,2
13	1434	89 480	11,1
12	1554	96 969	12,1
11	1695	105 768	13,2
10	1765	110 136	13,7
9	2072	129 292	16,1
8	2331	145 457	18,1
7	2664	160 953	20,1
6	3108	193 939	24,2
5	3730	232 752	29,0
4	4662	290 908	36,3
3	6216	387 878	48,4
2	9325	581 880	72,7
1	18 650	1 163 760	145,4

Der Wärmeverlust durch unvollständig verbrannte Gase kann also leicht durch Untersuchung der Rauchgase, mittelst der nachstehend beschriebenen Apparate erkannt und dann möglichst beseitigt werden.

Apparat von Dr. Ferd. Fischer.

Figur 55.

Unter Beibehaltung des Prinzips, welches dem Apparate von Schlösing und Rolland zu Grunde liegt und das dann von Orsat, Salleron u. A. weiter ausgebildet wurde, ist dieser in Figur 55 abgebildete Apparat von Dr. Ferd. Fischer konstruiert worden.



Figur 55.

Der untere 45 Kubikzentimeter fassende Teil, der zum Messen des zu untersuchenden Gases bestimmten Bürette *A*, welche zur Abhaltung von Temperaturschwankungen von einem weiten Zylinder mit Wasser eingeschlossen wird, ist in Zehntel, der obere in ganze Kubikzentimeter eingeteilt; mehr als 40% CO_2, CO und Sauerstoff dürften selbst in einem Hochofengase kaum vor-

kommen, sodaß man bei allen Bestimmungen auf Zehntelprozente genau ablesen kann. Da sich die anfangs benutzten Zinnhähne leicht festklemmten und undicht wurden, so ist das mit der Bürette verbundene Hahnrohr aus einem dickwandigen gläsernen Kapillarrohr angefertigt. Dasselbe ist an beiden Enden, bei *i* in einem Ausschnitte der Scheidewand und bei *o* durch eine kleine an der Decke des Kastens befindliche Stütze festgelegt. Die vier Glashähne schließen sicher dicht und klemmen sich bei nur einigermaßen verständiger Behandlung nie fest.

Das Hahnrohr ist am vorderen Ende umgebogen und mit dem U-Rohr *B* verbunden, dessen Schenkel Baumwolle enthalten, während sich in der untern Biegung Wasser befindet, um das angesaugte Gas sicher mit Feuchtigkeit zu sättigen, bevor es zur Messung gelangte. Das nach hinten gerichtete Ende des Dreiweghahnes *c* ist durch einen Gummischlauch *a* mit dem Gummiaspirator *C* verbunden, durch welchen es leicht gelingt, das Gaszuführungsrohr und Rohr *B* mit dem zu untersuchenden Rauchgase zu füllen.

Die Absorption geschieht in den unten im Einschnitt festgelegten U-förmigen Gefäßen *D*, *E* und *F*, welche durch kurze Kautschukschläuche mit dem Hahnrohre verbunden und zur Vergrößerung der Absorptionsfläche mit Glasröhrchen angefüllt sind. Da die Marke *m* sich über dieser Verbindungsstelle befindet, so ist diese stets mit der betreffenden Flüssigkeit benetzt und so leicht vollkommen dicht zu halten. Das andere Ende des U-Rohres ist mit einem Kautschukstopfen geschlossen, welcher ein Glasröhrchen enthält; die Röhrchen sind mit einem gemeinschaftlichen, etwa 200 Kubikzentimeter fassenden, Gummiballon verbunden. Diese Vorrichtung zur Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffes ist einer aufschwimmenden Ölschicht vorzuziehen, da beim Transport das Öl leicht in die Absorptionsgefäße gelangt.

Beim Gebrauch des Apparates, füllt man zunächst den die Bürette *A* umgebenden Zylinder, sowie auch die Flasche *L* mit destilliertem Wasser. Zur Füllung der Absorptionsflasche nimmt man die Stopfen mit den Glasröhren *x* und Gummibeutel *G* ab und gießt in das Gefäß *D* etwa 110 Kubikzentimeter Kalilauge von 1,26—1,28 spez. Gewicht, sodaß dasselbe etwas über halb damit gefüllt wird. Ferner löst man 18 Gramm Pyrogallussäure in 40 Kubikzentimeter heißem Wasser, fügt 70 Kubikzentimeter der obigen Kalilauge hinzu und gießt das Gemisch in das zweite Gefäß *E* zum Lösen des Sauerstoffes. Zur Bestimmung des Kohlenoxydes bringt man 20 Gramm Kupferchlorid mit 90 Kubikzentimeter konzentrierter Salzsäure, 20 Kubikzentimeter Wasser und einigen Kupferblechschnitten in eine gut schließende Flasche und läßt unter häufigem Umschütteln etwa 1 Tag stehen, um dann die erhaltene, fast schwarze Lösung in das Gefäß *F* zu füllen.

Man schließt die 3 Glashähne, stellt den Hahn *c* wagrecht und hebt die Flasche *L*, sodaß das Wasser die Bürette *A* füllt, giebt dem Hahn *c* eine Vierteldrehung nach links, sodaß die zweite Durchbohrung zum Rohr *B* führt, öffnet den Hahn des Gefäßes *D*, senkt die Flasche *L* und öffnet vorsichtig den auf den Schlauch *s* gesetzten Quetschhahn, sodaß die Kalilauge bis zur Marke *m* aufsteigt, worauf der Hahn geschlossen wird. In gleicher Weise werden auch die Flüssigkeiten der beiden anderen Gefäße bis zur Marke *m* aufgesaugt, wobei das Auge stets auf die aufsteigende Flüssigkeit gerichtet ist. (Es empfielt sich diese Operation zunächst mit reinem Wasser einzuüben und erst dann die Absorptionsflüssigkeiten einzufüllen). Dann werden die drei Stopfen mit den Glasröhren *x* luftdicht aufgesetzt.

In die Röhre *B* bringt man zunächst etwa 1 Kubikzentimeter Wasser, füllt beide Schenkel mit loser Baumwolle, setzt die Stopfen wieder ein und verbindet das Röhrchen *n* mittelst eines Gummischlauches mit dem Glasrohre, oder bei hohen Temperaturen Porzellanrohre, welches mit Lehm luftdicht in den Rauchkanal eingesetzt ist, um den Zutritt der atmosphärischen Luft zu verhüten.

Zur Probe, ob der Apparat dicht ist, stellt man den Hahn *c* wagerecht, preßt den Schlauch unmittelbar an dem Rohr im Rauchkanal mittelst Quetschhahn oder der Hand fest zu und öffnet den Quetschhahn des Schlauches *s*. Die Wassersäule in *A* sinkt etwas, muß dann aber völlig fest stehen bleiben, da ein fortgesetztes langsames Sinken irgend eine Undichtigkeit verraten würde, die natürlich zunächst beseitigt werden muß, sei es durch besseres Überziehen des Schlauches, festes Eindrücken des Stopfens oder Schmieren der Glashähne mit einem Gemisch aus weißen Wachs und Öl.

Nachdem man die Bürette *A* durch Heben der Flasche *L* bis zur Marke 100 mit Wasser gefüllt hat, stellt man den Hahn *c* so, daß die Verbindung von dem Gummisauger *C* durch das Rohr *B* mit dem Rauchkanal hergestellt ist, und saugt durch 10—15 maliges Zusammenpressen von *C* so lange, bis die ganze Leitung sicher mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt ist.

Dieses geschieht am bequemsten in der Weise, daß man mit der linken Hand *C* zusammenpreßt, dann mit dem Daumen der rechten Hand den Röhrenansatz *r* schließt und nun durch Öffnen der linken Hand den Ballen aufblähen läßt, den Daumen lüftet, *C* wieder zusammenpreßt u. s. w., bis der Zweck erreicht ist. Nun stellt man den Hahn *c* wieder wagerecht, öffnet den Quetschhahn von *s* und senkt die Flasche *L*, sodaß sich die Bürette *A* mit dem zu untersuchenden Rauchgase bis zum Nullpunkt anfüllt, worauf *c* durch Vierteldrehung nach links wieder geschlossen wird. Das Gas ist jetzt zwischen den 4 Gashähnen und der Wassersäule in *A* eingeschlossen.

Zur Bestimmung der Kohlensäure öffnet man den Hahn von *D* und hebt *L* mit der linken Hand, sodaß beim Öffnen des Quetschhahnes auf *s* mit der rechten Hand das Gas in die Flasche *D* übertritt, senkt *L* wieder, bis die Kalilauge in *D* etwa zur Schlauchverbindung unter *m* reicht und treibt das Gas noch einmal durch Heben von *L* in das Kaligefäß. Durch Senken der Flasche *L* und vorsichtiges Öffnen des Quetschhahnes läßt man nun die Kalilauge wieder bis zur Marke *m* aufsteigen, schließt den Glashahn, öffnet den Quetschhahn, hält die Flasche *L* so neben die Bürette, daß das Wasser in beiden Gefäßen gleich hoch steht, schließt den Quetschhahn wieder und liest endlich das zurückgebliebene Gasvolumen ab. Der Stand des Sperrwassers giebt direkt den Prozentgehalt des untersuchten Gases an Kohlensäure.

In gleicher Weise läßt man das Gas in das Gefäß *E* zwei- bis dreimal übertreten, bis keine Volumenabnahme mehr erfolgt; die Ablesung nach der erfolgten Einstellung giebt die Menge der Kohlensäure und des Sauerstoffes zusammengenommen, während durch gleiche Behandlung des Gases in dem Gefäß *F* außerdem noch das Kohlenoxyd absorbiert wird. Bei den gewöhnlichen Feuerungen ist diese Prüfung auf Kohlenoxyd meist überflüssig, sobald einige Prozente Sauerstoff gefunden werden.

Ist so die Analyse beendet, so stellt man den Hahn *c* wieder wagerecht, hebt *L*, öffnet den Quetschhahn und läßt das Wasser in der Bürette bis auf 100 aufsteigen, stellt *c* wieder senkrecht, füllt mittelst *C* die Leitung mit dem zu untersuchenden Gase und nimmt eine neue Probe. Ist kein Kohlenoxyd

vorhanden, so kann man bei einiger Übung alle 5 Minuten eine bis auf Zehntelprozent genaue Analyse ausführen.

Wird die Absorption nach 100—200 Analysen träge, so entleert man mittelst eines kleinen Hebers die Gefäße, spült mit destilliertem Wasser nach und füllt sie von neuem mit Kalilauge, Pyrogallus und Kupferchlorid.

Sollte durch Unachtsamkeit die Absorptionsflüssigkeit in das Hahnrohr steigen, so hebt man die Flasche *L*, öffnet den Quetschhahn und spült so durch das destillierte Wasser die Lösung in das Gefäß zurück. Gelingt dieses nicht ganz, so zieht man den Schlauch *e* von Hahn *c* ab, giebt letzterem eine halbe Umdrehung und läßt durch Heben von *L* so lange Wasser durch das Hahnrohr und den Hahn *c* ablaufen (die übrigen sind geschlossen), bis dasselbe völlig rein ist. Wurde dabei das Sperrwasser in der Bürette unrein, so muß es erneuert werden.

Nehmen wir nun an, die zum Feuern bestimmte Steinkohle habe folgende mittlere Zusammensetzung:

Kohlenstoff	80	Prozent
Wasserstoff	4	"
Sauerstoff	8	"
Schwefel	1	"
Stickstoff	1	"
Asche	6	"
	100	Prozent,

so erfordert 1 Kilo Kohle nach folgender Zusammenstellung 1,661 Kubikmeter Sauerstoff und giebt 1,504 Kubikmeter Verbrennungsgase (Kohlensäure CO_2, Schwefelsäure SO_2 und Stickstoff trocken auf 0° und 760 Millimeter berechnet) oder bei 21 % Sauerstoff 7,91 Kubikmeter atmosphärische Luft und giebt 7,773 Kubikmeter Feuergase.

Kohlenstoff	0,80 Kilo	1,487	Kubikmeter	1,487	Kubikmeter	CO_2
Wasserstoff	0,04 " }	0,167	"	—	"	
Sauerstoff	0,08 " }					
Schwefel	0,01 "	0,007	"	0,007	"	SO_2
Stickstoff	0,01 "	—	"	0,010	"	N
		1,661	Kubikmeter	1,504	Kubikmeter	

Bei einem Kohlensäuregehalte der Feuergase von 15 % muß demnach die Menge derselben und des Sauerstoffes zusammengenommen etwa 19,4 %, bei 10 % Kohlensäure aber etwa 20 % betragen, so ist Kohlenoxyd oder Wasserstoff zugegen.

Dieser Apparat wird von W. Apel in Göttingen für 65 Mark geliefert.

Die genauen Verlustberechnungen und die Untersuchung der Generatorgase und sonstiger wasserstoffhaltigen Gase finden sich ausführlich in Dr. Ferd. Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe (Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn).

Verbesserter Apparat zu industriellen Gasanalysen.

Von E. Tomson, Ingenieur honoraire des mines.

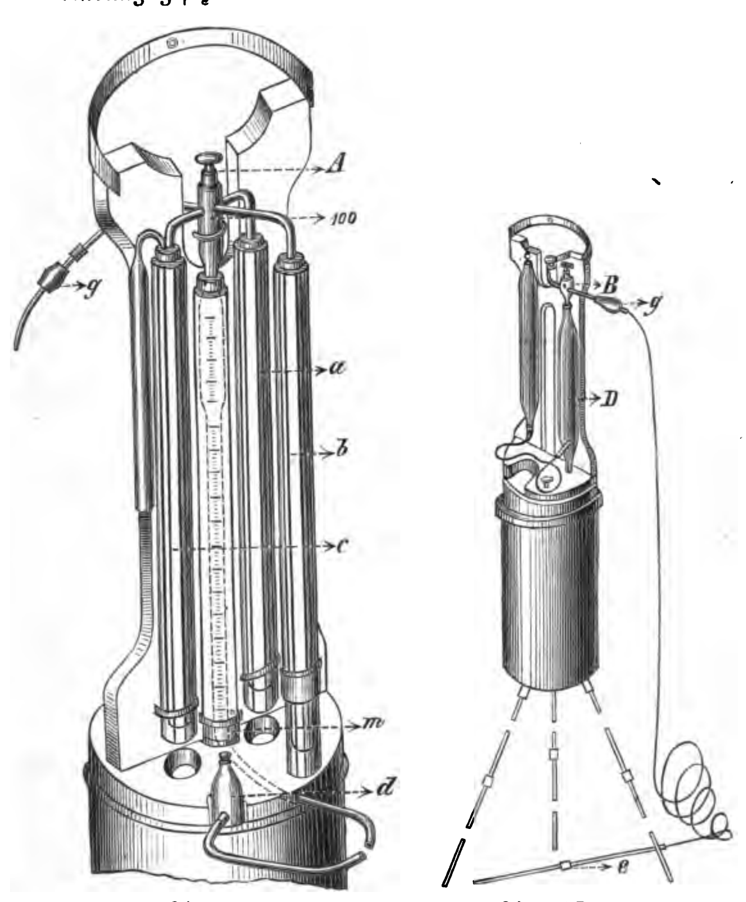
Figuren 56 und 57.

Dieser Apparat beruht auf denselben Prinzipien wie die von Orsat, Salleron, Aron, Dr. Ferd. Fischer und Muencke.

Er besteht aus drei Hauptteilen:

1) Einem Aspirator, welcher die Luft aus den Leitungen zwischen dem Apparat und der Gasquelle saugt und gleichzeitig gestattet, eine Gasprobe von 200—300 Kubikzentimeter zu nehmen.
2) Einem kleinen Aspirator, dessen einer Arm in eine 10 Kubikzentimeter fassende Röhre übergeht, welche in der untern Hälfte in Tausendstel geteilt ist.
3) Einer Anzahl Röhren, in welchen die Absorption der einzelnen Gase durch entsprechende Reagentien vorgenommen wird.

Diese verschiedenen Teile können durch zwei Glashähne in Verbindung gesetzt werden.



Figur 56. Figur 57.

Durch die veränderte Konstruktion des Apparates soll folgendes erreicht werden:

1) Möglichste Beseitigung des kalten Raumes, sodaß man mit 10 Kubikzentimeter Gas arbeiten kann. Der Fehler, welcher hierbei noch gemacht wird, beträgt $^{2}/_{1000}$, während er bei den anderen Apparaten $^{1}/_{100}$ und selbst $^{5}/_{100}$ erreicht.

2) Bequemer Transport und Aufstellung des Apparates und leichter auseinandernehmbar.
3) Beseitigung der vielen Verbindungen und des Blasebalges, wodurch der Apparat dichter wird.
4) Leichtere Absorption der Gase durch Darbietung großer Oberflächen. — Probenahme und Analyse eines Gases dauern nur 5 Minuten.
5) Man kann eine größere und mithin genauere Gasprobe nehmen und die Analyse, zu welcher ja nur 10 Kubikzentimeter Gas erforderlich sind, mehrere Male wiederholen.
6) Man verfügt über einen Aspirator, welchen man vom Apparat abnehmen kann, sobald man wegen Raummangels die Analyse nicht an Ort und Stelle vornehmen kann.

Instandsetzung, Aufstellung und Benutzung des Apparates.

Man zieht die Reagensröhren *a*, *b*, *c* durch den Fuß des Apparates heraus, nachdem man den Verschluß geöffnet hat. In die Röhre *a* gießt man nahezu 40 Kubikzentimeter Natronlauge von 36° R. In *b* giebt man 5 Gramm Pyrogallussäure, welche man in 3 bis 4 Kubikzentimeter heißen Wassers löst und hierauf 30 Kubikzentimeter Kalilauge von 40° R. hinzufügt. (Ätzkali gelöst in heißem Wasser und bei Luftabschluß filtriert.) In das Rohr *c* gießt man 35—40 Kubikzentimeter einer Flüssigkeit, welche besteht aus einer kalt gesättigten Lösung von Chlorammonium (filtriert) versetzt mit einem drittel ihres Volumens Amoniak von 22° R. Die Röhren bringt man an ihre Plätze und sorgt dafür, daß sie luftdicht schließen.

Der Meßzylinder wird jetzt mit äußerer atmosphärischer Luft durch die Hähne *A* und *B* in Verbindung gesetzt. In das Fläschchen *d* gießt man schwach angesäuertes Wasser (destilliertes) bis es in dem graduierten Zylinder den *o* Punkt erreicht hat. In dem Fläschchen *d* muß jetzt das Wasser gleich hoch stehen wie in der Meßröhre. Vorher muß man sich vergewissern, daß alle Luft, welche im Kautschukschlauch enthalten war, herausgetrieben ist.

Im Falle das Wasser nach dem Eingießen in das Fläschchen *d*, in diesem und der Meßröhre nicht gleich hoch steht, d. h. sollten einige Tropfen des in den Kapillarröhren zurückgebliebenen Wassers die freie Verbindung zwischen dem Meßzylinder und der äußern Luft verhindern, so genügt es in diesem Falle an verschiedenen Stellen den Gummischlauch so lange zusammenzudrücken, bis das Niveau des Wassers an dem Nullpunkt steht.

In den großen Aspirator gießt man etwas mehr destilliertes Wasser als zur Füllung von *D* nötig ist und fügt einige Tropfen Salzsäure zu.

Der Zylinder *m*, worin sich die Meßröhre befindet, muß ebenfalls mit destilliertem Wasser versehen werden.

Es werden nun die Füße an das Futteral angeschraubt, und alsdann der Apparat auf den Deckel des Futterals gestellt, auf welchen er ebenfalls angeschraubt wird. Das Rohr, welches zur Entnahme des Gases dient, ist im Innern mit einer Röhre aus feuerfestem Thon ausgekleidet, und wird an das andere Eisenrohr angeschraubt, daran befestigt man den Gummischlauch, welcher durch das etwas Watte enthaltende Kugelrohr *g* mit dem Aspiratorhahn in Verbindung steht.

Setzt man die Meßröhre abwechselnd durch die Hähne *A* und *B* mit der äußeren Luft in Verbindung und mit Hülfe des Hahnes *A* und der

Flasche *d*, welche man hebt und senkt mit den Reagentien, so erreicht man allmählich, daß letztere bis an die Biegung kommen.

Die Flasche *d* wird endlich gehoben bis das Wasser an den Hahn *B* durch den Hahn *A* hindurch gelangt ist.*)

Dann schließt man den Hahn *A*, indem man ihn 1/8 nach rechts dreht. Die Flasche *d* wird an ihren Platz gesetzt. Nachdem man den Hahn *B* geöffnet hat, füllt man den Aspirator *D* mit Wasser, indem man das Gummireservoir in die Höhe hebt oder zusammendrückt. Der Hahn *B* wird 1/8 nach links gedreht. Das Eisenrohr wird in das zu untersuchende Gas eingeführt. Die im ersteren befindliche Luft wird in das Reservoir *D* gesaugt und in die Atmosphäre entlassen. Ein erneutes Saugen füllt *D* mit reinem Gas. Dieses Reservoir wird hierauf mit der Meßröhre verbunden und dieselbe mit Gas gefüllt.

Durch zusammendrücken und herunterlassen des elastischen Reservoirs läßt sich das Wasserniveau in der Meßröhre leicht auf den Nullpunkt einstellen. Der Hahn *A* wird 1/8 nach rechts gedreht. Man schreitet nun zur Absorption der in der Meßröhre befindlichen Gase. Diese Meßröhre wird nach und nach mit den Reagentienbehältern *a*, *b*, *c* in Kommunikation gebracht und mit Hülfe der Flasche *d* läßt man das Gas in dieselbe treten. Man hält ein, sobald das Wasser im Meßzylinder bis an den Punkt 100 kommt, welcher an den Hahn angebracht ist und zwar da wo sich die Wege kreuzen.

Nach dieser Absorption stellt man im Meßgefäß die absorbierte Gasmenge fest, indem man sorge trägt, daß Gefäß *d* in gleiche Höhe mit dem Niveau des Wassers im Meßzylinder zu bringen, und erst nach einigen Sekunden abliest.

Die Absorption des Gases ist erst bei einer zwei- oder dreimaligen Wiederholung der Operation eine vollständige, wovon man sich durch Ablesen an der Meßröhre überzeugt. In *a* absorbiert man die Kohlensäure, in *b* den Sauerstoff, in *c* das Kohlenoxyd oder den Sauerstoff.

Bemerkungen. — Man muß die Hähne gut eingefettet halten.

Vor Beginn der Analysen muß man sich überzeugen, daß der Apparat gut schließt. Man bedient sich zu diesem Zwecke der Aspiratoren *D*, *d*.

Der kleine Gummiballon, Stickstoffbehälter, muß fast leer sein, wenn die Reagentien ihren höchsten Stand einnehmen.

Nachdem man eine Reihe Analysen gemacht hat, ist es gut, den Apparat einmal zu prüfen, indem man atmosphärische Luft analysiert. Man muß 20,5—21 % Sauerstoff finden.

Der horizontale Weg des Hahnes *B* kann dazu benutzt werden, wenn man nicht genau arbeitet, um direkt die Gasprobe in die Meßröhre zu bringen. Der Aspirator *D* dient in diesem Falle zur Austreibung der Luft.

Es ist unerläßlich bei Wiederholung einer Analyse den Apparat vollständig von den Gasen zu befreien, welche bei der vorhergehenden Analyse nicht absorbiert worden sind.

*) Selbst wenn es vorkommen sollte, daß einige Tropfen Wasser durch den Hahn *B* liefen, so würde doch der Fehler, welcher daraus entstände, ein sehr kleiner sein. Beträgt z. B. der Unterschied des Gasdruckes im Meßzylinder 1 Millimeter Wasser, so müßte man schon 700 Millimeter Wasser durch *B* verloren haben, oder der Irrtum, welcher von einer Differenz des Druckes von 1 Millimeter Wasser herrührt, kann man nicht ablesen; er beträgt weniger als 0,0001. Sollte der Fehler beträchtlich sein, so müßte ein Wasserverlust von 7 Kubikzentimeter stattgefunden haben; der Fehler würde alsdann 0,001 betragen.

Der große Apparat kann von dem Apparat entfernt werden, mit welchem er nur durch ein Stückchen Gummischlauch zwischen den beiden Hähnen verbunden ist.

Wenn man den Aspirator getrennt vom Apparate gebrauchen will, muß man einen der drei nach außen führenden Öffnungen des Hahnes verschließen. Bei Entnahme der Gasprobe verfährt man ganz wie vorher gesagt.

Der Aspirator wird hierauf wieder an seinen Platz gebracht, damit man das zu analysierende Gas in die Meßröhre bringen kann.

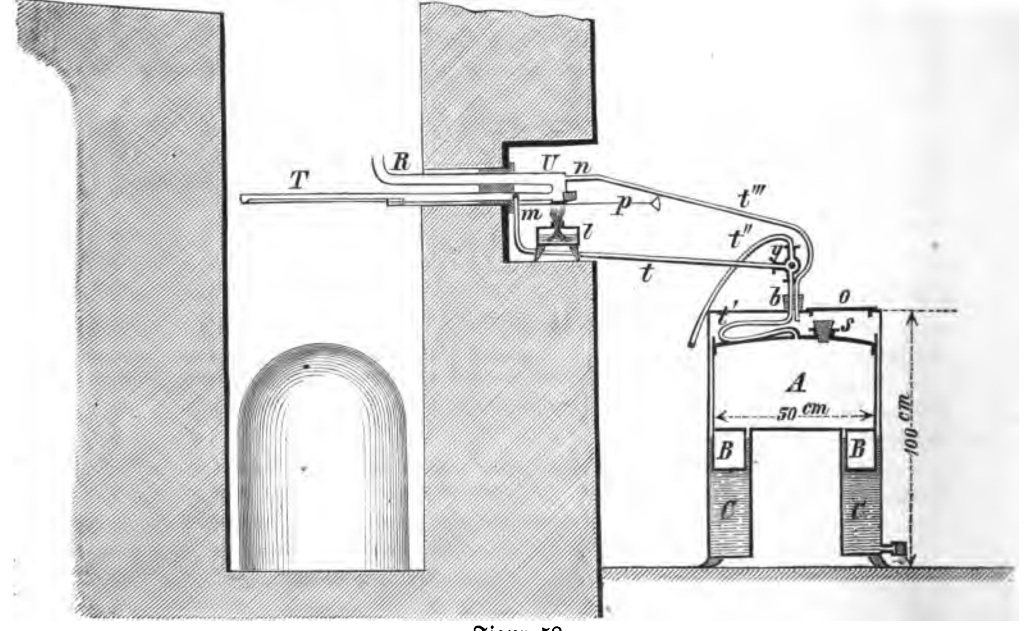
Der Apparat wird von C. Heinz in Aachen komplet zum Preise von 80 Mark geliefert.

Glockenaspirator

von Tomson, Ingenieur in Stolberg bei Aachen.

Figur 58.

Dieser Apparat ist bestimmt in bestimmter Zeit aus einer Gasquelle eine Durchschnittsprobe zu entnehmen. Figur 58 zeigt einen Längsschnitt des Apparates. Ein Reservoir *c*, in seinem untern Teile ringförmig gestaltet,



Figur 58.

welches mit Glyzerin gefüllt ist, enthält eine Glocke *a*, welche einen Luftbehälter *B* trägt. Die Dimensionen dieses Luftbehälters sind derart berechnet, daß die eröffnete Glocke auf dem Glyzerin schwimmt. Eine Öffnung *O* mit Deckel verschließbar, gestattet mit der Hand in den Apparat zu fassen. Drei kleine Röllchen, welche oben an der Glocke befestigt sind, dienen als Führung.

Ein Dreiweghahn *r* ist in einen Stopfen *b* befestigt und mit der Glocke und der Gasquelle durch Gummischläuche verbunden.

Die dritte Öffnung des Hahnes dient zum Entweichen der Luft und zur Entnahme von Gasproben aus dem Gasometer.

Die Öffnung *s*, welche durch einen Stopfen verschließbar ist, hat nur den Zweck die Glocke schnell herunterdrücken zu können. Das Reservoir *c* kann mittelst des Gummirohrs *l'''* mit dem Gaskanal verbunden werden.

Wenn man sich des Apparates bedienen will, schließt man den Hahn *r* und öffnet *s*. Hierauf gießt man so lange Glyzerin ein, bis die Glocke fast auf ihrem höchsten Punkte angekommen ist, wird hierauf völlig in das Glyzerin eingedrückt und *s* geschlossen. Jetzt öffnet man den Hahn *r* und die Glocke saugt die Luft aus den Röhren. Wird nun der Hahn mit der Atmosphäre und der Glocke verbunden und letztere niedergedrückt, so entweicht die Luft. Der Apparat ist nun fertig. Das Aufsteigen der Glocke und Anhängen des Hahns wird reguliert durch entsprechendes Öffnen des Hahnes *r*.

Wenn man eine Durchschnittsprobe der Gase haben will, welche sich während der Versuche bilden, so muß das die Glocke umgebende Reservoir mit dem Gaskanal verbunden werden, sonst wird die Quantität Gas, welche in gegebener Zeit angesaugt wird, von dem in dem Kamine herrschenden Druck abhängig gemacht, da derselbe das Steigen der Glocke beeinflußt.

Ein Aspirator mit einer Glocke von 50 Kubikzentimeter Inhalt genügt zur Gasentnahme während 24 und selbst 48 Stunden.

Die Konstruktion dieses Aspirators bietet folgende Vorteile:

1) Es genügt ein geringes Quantum Glycerin und der Apparat ist leicht zu translozieren.
2) Er gestattet eine regelmäßige kontinuierliche Gasentnahme, da die Reibung der Glocke fast Null ist, ferner ist der Einfluß des Wechsels im Gasdruck beseitigt, welcher das Steigen der Glocke beeinflussen würde.

Rohr zur Probenahme der Gase.

Um eine richtige Durchschnittsprobe eines Gasgemisches zu erhalten, muß man sich der Scheurer-Kestner'schen Methode bedienen, welche darin besteht, während der ganzen Versuchsdauer eine gewisse Menge Gase aus dem Gasstrom anzusaugen und daraus auf nachstehende Weise eine Probe von einigen Litern Gas zu entnehmen. Man kann sich zum Ansaugen des Gases in einer Röhre herabfallenden Wassers bedienen, aber diese Methode erfordert gewisse Einrichtungen und wenn man Versuche an verschiedenen Stellen machen will, ist sie unbequem zu handhaben.

Mit dem Tomson'schen Apparat kommt man auf einfachere Weise zum Ziele.

In derselben Figur 58 ist diese Einrichtung gleichzeitig mit angegeben. 2 Röhren *T* und *R* werden in den Gaskanal eingeführt, welche am Ende mit einem Rohr *n* verbunden sind. Das Rohr *T*, im Innern mit feuerfestem Material ausgekleidet, hat 15 Millimeter Durchmesser. Dieses Rohr, welches am Ende geschlossen ist, hat einen Spalt von 1 Millimeter Breite, durch welche das Gas auf der ganzen Breite des Kanals in das Rohr treten kann. Zum Reinigen des Rohres dient der bewegliche Stab *P*.

Das Rohr *R* von 20 Millimeter Durchmesser ist im Kanal aufwärts gebogen. Die 2 Ansatzrohre *m* und *n* werden mit Kautschukflanschen versehen und mit dem Gasometer verbunden. Indem man das Rohr *U* mittelst

Lampe *l* erhitzt, beginnt das Ansaugen des Gases durch *T* nach *R*. Aus diesem Gasstrom wird mit Hülfe des Glockenaspirators die Versuchsprobe entnommen. Durch Verlängerung des aufwärts gebogenen Stückes des Rohres *R* kann man das Gasvolum, welches durch *T* geht, vermehren. Für Gase von sehr hoher Temperatur benutzt man das von Herrn Professor Winkler in seinem Werke „über die Analyse der Industriegase beschriebene Rohr mit Wasserkühlung."

Einfache Gasbürette zur qualitativen und quantitativen Untersuchung von Gasgemengen.

Von Dr. H. Bunte.*)

Figur 59.

Die in Figur 59 abgebildete Bürette zur technischen Untersuchung von Gasgemengen unterscheidet sich von den gebräuchlichen Apparaten namentlich von Winkler und Orsat vorzüglich dadurch, daß die zur Absorption einzelner Gemengteile des Gases verwendeten Reagentien rasch und vollständig ohne Gasverlust sich aus derselben entfernen lassen, sodaß eine fast beliebige Zahl von flüssigen Absorptionsmitteln nach einander auf eine Gasprobe zur Einwirkung gebracht werden kann. Ferner kann das in der Bürette eingeschlossene Gas in einfacher Weise vor und nach jeder Absorption unter gleiche Druckverhältnisse gebracht werden.

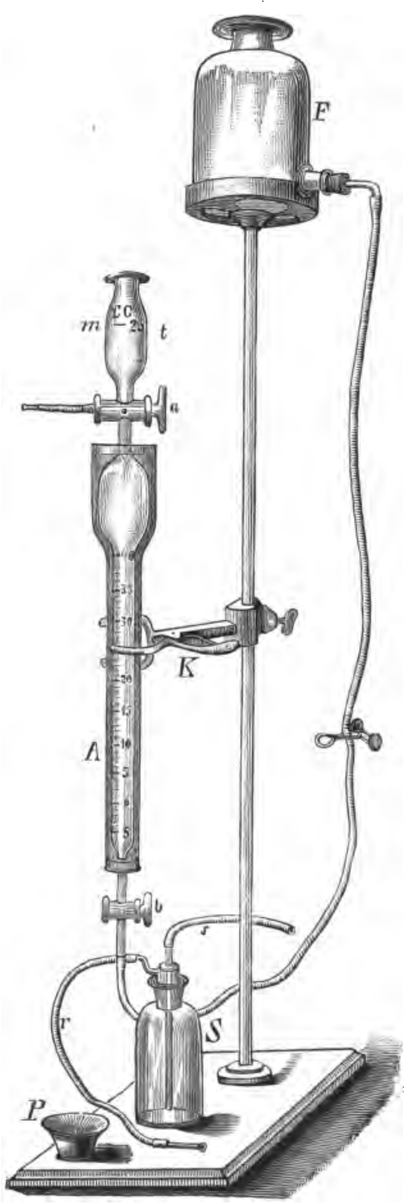
Die Gasbürette *A* besteht aus einem geteilten, oben und unten durch Hähne *a* und *b* geschlossenen Glasrohr mit einem Trichteraufsatz *t*. Der Raum zwischen den beiden Hähnen *a* und *b* faßt etwas mehr als 100 Kubikzentimeter und ist in Kubikzentimeter bis 40 und Bruchteile derselben geteilt. Der Teilstrich 40 befindet sich an der Stelle wo das Rohr unter dem Hahn *a* sich erweitert; einige Zentimeter über dem Hahn *b* ist der Nullpunkt der Teilung. Der Trichter *t* trägt eine Marke *m* und faßt bis dorthin etwa 25 Kubikzentimeter. Der untere Hahn *b* ist ein einfach durchbohrter Verschlußhahn. Der Hahn *a* besitzt außer der Querbohrung noch eine zweite von der Seite herein durch die Achse auslaufende Bohrung, durch welche das Innere der Bürette oder der Trichter abwechselnd mit der Atmosphäre oder einem über die Spitze des Hahnes *a* geschobenen Kautschukschlauche in Verbindung gesetzt werden kann. Da die Bürette vorzüglich für die Untersuchung von Verbrennungsgasen oder Generatorgasen bestimmt ist, bei welchen der nicht absorbierbare Gasrückstand mindestens 60% ausmacht, so ist der untere größere Teil derselben, an welchem die Ablesungen erfolgen, verengt, um die Teilstriche weiter auseinander zu rücken. Die Bürette wird durch eine an einem eisernen Stativ befestigte federnde Klammer *K* in vertikaler Stellung gehalten.

Um Gas in die Bürette zu füllen schiebt man einen Kautschukschlauch, der mit der Gasleitung kommuniziert, über die Spitze des Hahnes *a* und setzt das Innere des Meßrohres durch Drehung dieses Hahnes mit der achsialen Bohrung desselben in Verbindung. Man saugt sodann bei geöffnetem Hahn *b* so lange Gas durch die Bürette, bis die vorher eingeschlossene Luft durch das zu untersuchende Gas verdrängt ist und schließt die Hähne

*) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung von Dr. Schilling und Dr. Bunte. 1877.

a und *b*. Die Spitze des Hahnes *a* wird durch ein Stückchen Kautschukschlauch mit Glasstopfen oder Quetschhahn geschlossen und der Trichter bis zur Marke *m* mit Wasser gefüllt.

Um das unter beliebigen Druck eingeschlossene Gasvolumen auf 100 Kubikzentimeter und unter bekannten Druck zu bringen, läßt man aus einem hochstehenden Gefäße *F* in der gezeichneten Anordnung Wasser von unten in die Bürette treten bis zum Nullpunkt, indem man selbstverständlich Sorge trägt, daß das Kautschukrohr vor der Verbindung mit der Bürette sich vollständig mit Wasser füllt. Setzt man nun, nachdem *b* geschlossen, durch eine Drehung des Hahnes *a* das Innere der Bürette mit dem mit Wasser gefüllten Trichter *t* in Verbindung, so entweicht ein Teil des Gases in Blasen bis der eingeschlossene Rest unter dem Druck der Atmosphäre und einer Wassersäule von einigen Zentimeter steht. Das im Trichteraufsatz *t* befindliche Wasser wird kapillar in dem Verbindungsrohr und der Hahnbohrung festgehalten und bleibt über dem in der Bürette eingeschlossenen Gas stehen, ohne daß Wasser eindringen oder mehr Gas entweichen kann. In derselben Weise kann bei jedem beliebigen Stand der Flüssigkeit im Meßgefäß das eingeschlossene Gas unter gleichem Druckverhältnisse (Atmosphärendruck, Wassersäule von einigen Zentimetern) gebracht werden. Bei der üblichen Angabe der Versuchsresultate in Prozenten des Gesamtvolumens ist eine Korrektion für den Druck, der vor jeder Ablesung gleich gemacht wird, nicht nötig.



Figur 59.

Zur Ausführung einer absorptiometrischen Analyse muß zunächst Platz für das Absorptionsmittel in der Bürette geschafft werden. Man saugt zu diesem Zweck mittelst der Flasche *S*, deren längeres Rohr durch den Kautschukschlaug *s* mit der unteren Spitze der Bürette verbunden wird, während man den an dem seitlichen Rohr befindlichen Schlauch *r* in den Mund nimmt, das Wasser bis auf einen geringen Rest aus der Bürette, schließt den Hahn *b* und nimmt die Flasche *S* ab. Das Absorptionsmittel wird in eine Porzellanschale *p* gegossen und die untere Spitze der Bürette unter den Flüssigkeitsspiegel getaucht;

öffnet man nun den Hahn *b*, so wird das flüssige Absorptionsmittel eingesaugt. Die untere Spitze der Bürette ist so eng, daß dieselbe bis an die äußerste Grenze stets mit Flüssigkeit kapillar gefüllt bleibt; es gelangt demnach mit dem Absorptionsmittel bei der beschriebenen Manipulation keine Spur Luft in die Bürette.

Nachdem der Hahn *b* wieder geschlossen ist, wird zur Beschleunigung der Absorption die Bürette horizontal gelegt, oder besser geschüttelt. Man faßt zu diesem Zweck die Bürette am Trichteraufsatz, dessen Öffnung man mit dem Ballen der Hand verschließt und bewegt die Bürette nach ihrer Längsrichtung heftig hin und her.

Um einer vollständigen Absorption des Gemengeteiles durch das angewendete Reagens sicher zu sein, läßt man nach dem Umschütteln in oben beschriebener Weise abermals Absorptionsflüssigkeit eintreten und wiederholt diese Manipulation bis der Stand der Flüssigkeit im Meßrohre konstant bleibt. Vor der Ablesung setzt man durch Drehen des Hahnes *a* das Meßrohr mit dem Wasser im Trichter *t* in Verbindung, es fließt Wasser ein bis sich der frühere Druck wieder hergestellt hat; nötigenfalls wird der Trichter bis zur Marke *m* mit Wasser aufgefüllt. Die Ablesung ergiebt direkt den Prozentgehalt des untersuchten Gases an dem absorbierten Bestandteil.

Bei einer Rauchgasanalyse ist das zuerst angewandte Reagens Kali- oder Natronlauge; die Volumenverminderung ergiebt den Gehalt des Gases an Kohlensäure. Soll der Sauerstoff bestimmt werden, so saugt man in der früher beschriebenen Weise einen Teil der Kalilauge ab und läßt eine konzentrierte wässerige Lösung von Pyrogallussäure und Kalilauge eintreten. An der Färbung des gebildeten pyrogallussauren Kali wird die Gegenwart des Sauerstoffs sogleich erkannt; man schüttelt die Bürette einige Zeit bis beim Öffnen der unter die Absorptionsflüssigkeit getauchten Spitze nichts mehr aufgesogen wird und läßt schließlich aus dem Trichter *t* so lange Wasser in das Innere der Bürette treten bis der frühere Druck wieder hergestellt ist.

Für die Bestimmung des Kohlenoxyds müssen die bisher angewandten Absorptionsmittel: Kalilauge und Pyrogallussäure vollkommen entfernt werden. Die Leichtigkeit, mit der diese Aufgabe erfüllt werden kann, macht die vorgeschlagene Gasbürette besonders handlich. Man saugt zu diesem Zweck das pyrogallussaure Kali mittelst der Flasche *S* bis auf wenige Tropfen ab; öffnet man alsdann vorsichtig den Hahn *a*, so tritt ein Wasserstrahl aus dem gefüllten Trichter in das Meßrohr und spült die Wände desselben vollständig ab, man schließt *a* und saugt das Waschwasser in gleicher Weise ab. Wiederholt man diese Manipulation wenige Male, so ist das Absorptionsmittel vollständig entfernt und man kann durch die untere Spitze der Bürette ein anderes Absorptionsmittel in das Meßrohr eintreten lassen.

In dem bezeichneten Falle einer Rauchgasanalyse läßt man salzsaure oder ammoniakalische Kupferchlorürlösung in die Bürette aufsteigen und verfährt wie früher. Da diese konzentrierten Lösungen leicht Salzsäure oder Ammoniak an den Gasrückstand abgeben und dadurch kleine Fehler hervorbringen, so kann man vor der Ablesung das angewendete Reagens in beschriebener Weise durch Wasser deglazieren.

Was die Genauigkeit der nach der beschriebenen Methode erhaltenen Resultate betrifft, so steht dieselbe bei Einhaltung der bekannten Vorsichtsmaßregeln den mit anderen für die technische Gasanalyse gebräuchlichen Apparaten erhaltenen nicht nach. Eine große Genauigkeit ist jedoch für die Zwecke,

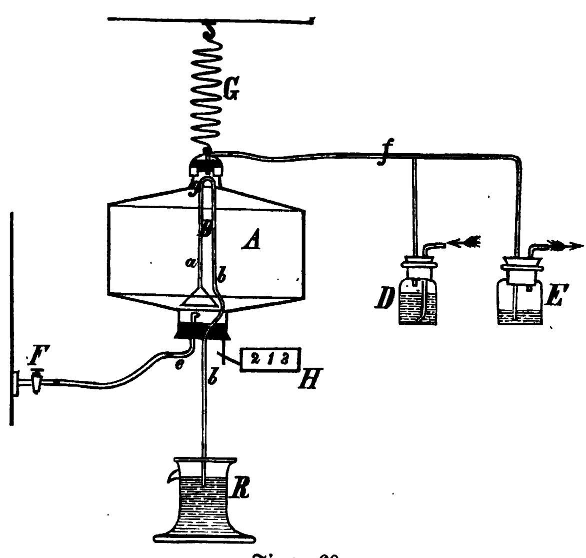
für welche diese Apparate und die hier beschriebene Bürette bestimmt sind, um so weniger nötig, als in vielen Fällen schon eine quantitative Gasanalyse dem Techniker genügen würde, wenn dieselbe nicht mit denselben Umständen verknüpft wäre, wie eine vollständige qualitative Untersuchung. Die beschriebene Bürette unterscheidet sich noch insofern von anderen Apparaten, daß die zwei vorhandenen Hähne durch Flüssigkeit stets vollkommen gedichtet sind, sodaß ein Gasverlust durch Undichtheit des Apparates fast unmöglich ist.

Solche Büretten werden von Herrn J. Greiner in München in einer Kiste zum Aufbewahren und Mitnehmen nebst Zubehör geliefert.

Gasmesser, Patent Bonny.

Figur 60.

Bis jetzt ist nur von solchen Apparaten die Rede gewesen, welche dazu dienen, die Zusammensetzung der innerhalb weniger Minuten aspirierten Gase zu bestimmen. In vielen Fällen kann man sich aber der Ansicht nicht verschließen, daß durch den Einfluß der Heizer, geschmeichelte Proben erhalten werden, und erscheint es wünschenswert, neben den bis jetzt beschriebenen Apparaten u. A. auch Apparate in der Praxis zu besitzen, welche innerhalb längerer Zeitperioden Durchschnittsanalysen geben. Hierzu können Gefäße benutzt werden, welche man mit Wasser füllt und so verschließt, daß dieselben beim Ausflusse die zu untersuchenden Gase aspirieren. Auch werden in England Gasuhren zu quantitativen chemischen Untersuchungen verwandt. Einen kompendiösen und recht brauchbaren ist der nachstehend beschriebene und in der Figur 60 dargestellte Apparat von Bonny, Chemiker in Stolberg.



Figur 60.

Dieser Apparat hat den Zweck große Quantitäten Gase behufs chemischer Untersuchung anzusaugen und zu messen.

Den wesentlichen Teil des Apparates bildet ein flaches geschlossenes Gefäß *A*, von einigen Litern Inhalt, welches im Innern einen Heber *B* hat, dessen kürzerer Schenkel *a* bis in den unteren Teil des Gefäßes reicht und dessen Biegung *g* bis oben in die Verengung von *A* steigt. Der längere Schenkel *b* des Hebers geht durch den Boden von *A*. Das Röhrchen *e* steht durch einen elastischen Schlauch mit einer Wasserleitung in Verbindung, während das Röhrchen *f* das Ein- und Ausströmen der Gase vermittelt. Außer den genannten Teilen gehören zum Apparate zwei vermittelst eines Schlauches mit dem Röhrchen *f* verbundenen Flaschen *D* und *E*, von welchen die eine *D* zum absorbieren die andere *E* als Wasserverschluß dient.

Will man den Apparat in Thätigkeit setzen, so öffnet man den Hahn *F*, wodurch Wasser in das Gefäß *A* strömt. Während dieses sich allmählich füllt entweicht das darin befindliche Gas durch die Flasche *E*. Nachdem nun das Wasser in *A* bis zur Biegung des Hebers gestiegen ist, füllt sich derselbe mit Wasser und läßt dasselbe durch seinen nach unten verlängerten Schenkel unter Wasser ausfließen. Reguliert man nun den Zufluß durch den Hahn *F* derart, daß der Zufluß geringer ist wie der Abfluß durch *b*, so wird das Niveau in *A* sinken und das Gas durch die in *D* sich befindende Flüssigkeit angesaugt werden. Ist das Wasser bis unter den kurzen Schenkel *a* des Hebers gesunken, so hört dessen Funktion sofort auf, weil durch die trichterförmige Erweiterung viel Gas eintritt. Bei einem Heber dessen unteres Ende nicht erweitert ist, ist das Gasquantum zu gering und es fließt dann durch den Heber noch ein Gemenge von Wasser und Gas; sodaß die Messung ungenau wird, selbst wenn bei geringem Wasserzufluß der Heber aufhört zu saugen. Nachdem der Heber abgelaufen, steigt das Wasser wieder in *A* hoch, drückt das Gas durch *E* hinaus, der Heber füllt sich und fängt wieder an zu saugen. Das jedesmal durchgesaugte Gasvolumen ist gleich dem Volumen des Gefäßes *A* zwischen dem höchsten und tiefsten Wasserstand gemessen. Damit das Volumen des angesaugten Gases genau gemessen werden kann, ist das Gefäß *A* oben und unten verengt, sodaß die Oberfläche des höchsten und tiefsten Wasserstandes möglichst gering ist. Das Gefäß *A* hängt an einer Spiralfeder *G*, welche beim Füllen des Gefäßes gespannt und beim Entleeren desselben zusammengeht, wodurch die Niveaudifferenz zwischen *A* und *B* gleich gehalten und daher ein gleichmäßiges Ansaugen des Gases bewirkt wird. Bringt man das Gefäß *A* mit einem Hubzähler *H* in Verbindung, so kann die Zahl der Füllungen jeden Augenblick abgelesen und dadurch das angesaugte Gasvolumen bestimmt werden.

Gasanalytische Bestimmung des Wasserstoffes.*)

Figur 61.

Die erfolgreichen Bestrebungen zur Vereinfachung der gasanalytischen Methode für die Zwecke der Technik haben sich bisher vorzugsweise auf diejenigen Gase beschränkt, welche durch einfache chemische Reagentien rasch und vollständig absorbiert werden können, wie Kohlensäure, Sauerstoff, Kohlenoxyd u. s. w. Für die Bestimmung der nicht absorbierbaren Gase: des Wasserstoffs und der Kohlenwasserstoffe bediente man sich fast ausschließlich der von

*) Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung v. Dr. Schilling und Dr. Bunte.

Bunsen ausgebildeten Methode der Verbrennung durch Verpuffung mittelst des elektrischen Funkens. Hempel*) hat dieser Methode der Verbrennung des Wasserstoffs und der Kohlenwasserstoffe eine einfachere Gestalt gegeben, allein auch in dieser Form erfordert die Bestimmung der genannten Gase Apparate, welche dem Techniker im allgemeinen nicht zu Gebote zu stehen pflegen. Orsat und Coquillon haben in neuer Zeit versucht, statt der Verpuffung durch den elektrischen Funken die Verbrennung von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen durch glühende Metalle zu bewirken. Orsat wendet hierzu ein zum Glühen erhitztes spiralförmig gewundenes kapillares Platinrohr an, in welchem das durchpassierende Gas verbrannt wird. Coquillon beobachtete, daß rotglühender Palladium die Eigenschaft besitzt, die Verbrennung explosiver Mischungen ohne Verpuffung zu bewirken und benutzte einen Palladiumdraht, der durch den elektrischen Strom einer Ladungssäule (nach Planté zum Glühen gebracht wurde.

Anknüpfend an die Vorschläge von Orsat und Coquillon hat nun Bunte seine oben beschriebene Bürette für die Bestimmung nicht absorbierbarer Gase, namentlich des Wasserstoffs, anwendbar zu machen gesucht und es ist ihm auch gelungen eine Methode auszubilden, welche gestattet mit den einfachsten Mitteln in kürzester Zeit derartige Bestimmungen auszuführen.

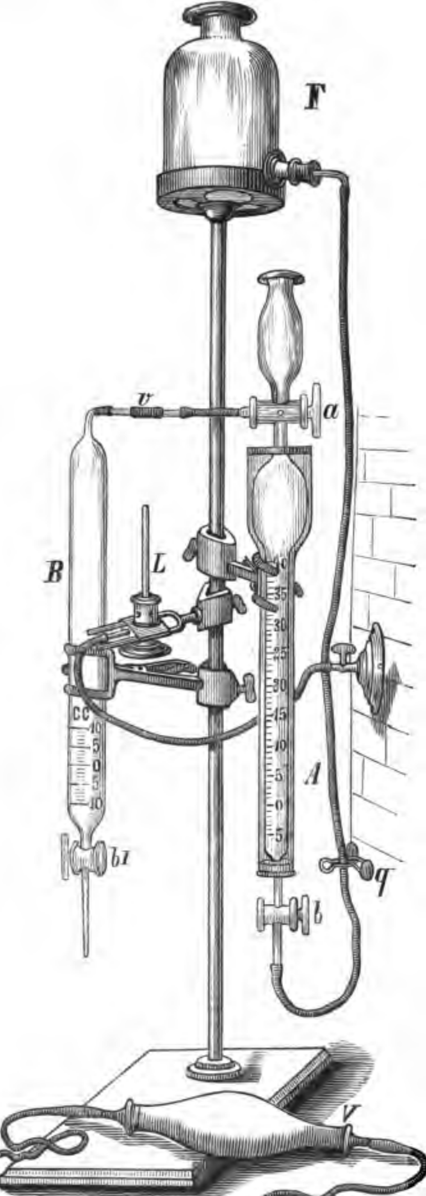
Die Anordnung des Apparates ist aus Figur 61 zu ersehen. A und B sind zwei Gasbüretten, welche durch kurze Stücke Kautschukschlauch mit dem Verbrennungsrohr v verbunden sind. Das letztere ist ein 10—12 Zentimeter langes, 3—4 Millimeter weites Röhrchen von schwerschmelzbarem Glas, welches in der Mitte etwas verengt ist. Im Innern dieses Röhrchens befindet sich an der verengten Stelle ein Palladiumdraht (15 Zentimeter lang), welcher 6 bis 7 mal auf eine Länge von 2 bis $2^1/_2$ Zentimeter zusammengebogen ist. Der mittlere Teil des Röhrchens ist mit einem Stück Drahtnetz umwickelt und wird durch eine Bunsenlampe erhitzt. Wird das mit der nötigen Menge Sauerstoff gemischte brennbare Gas im langsamen Strom an dem glühenden Palladiumdraht vorbeigeführt, so findet eine vollständige Verbrennung statt. Die hierbei eintretende Kontraktion kann in einfachster Weise gemessen und die Menge der entstandenen Verbrennungsprodukte leicht bestimmt werden.

Um einen Verbrennungsversuch auszuführen verfährt man in folgender Weise:

In der Bürette A befindet sich ein bestimmtes Volumen des wasserstoffhaltigen Gases gemischt mit der zur Verbrennung nötigen atmosphärischen Luft (beziehungsweise Sauerstoff) unter dem Druck der Atmosphäre und der im Trichteraufsatz befindlichen Wassersäule. Das Gesamtvolumen erfüllt den Raum von 100 Kubikzentimeter und reiche bis zum Teilstriche 0 am unteren Teil der Bürette. Die Bürette B ist bis an die Marke von unten mit Wasser gefüllt, der Hahn b geschlossen, sodaß das Innere der Bürette B mit dem Verbrennungsrohr v in Verbindung steht. Nachdem der mittlere Teil des Verbrennungsrohres v und der im Innern befindliche Palladiumdraht durch die Bunsenlampe L zum Glühen erhitzt ist, dreht man den Dreiweghahn a, welcher bisher die Kommunikation zwischen Meßrohr und Trichteraufsatz herstellte, so, daß das Innere der Bürette A mit dem Verbrennungsröhrchen v kommuniziert; hierbei wird das im Kapillarrohr der Bürette A und dem Hahnschlüssel a befindliche Wasser durch die erwärmte Luft in v nach dem

*) Dr. W. Hempel: Über technische Gasanalyse. Braunschweig, Vieweg & Sohn.

Meßrohr zurückgetrieben. Man vermeidet hierdurch, daß mit dem Gasstrom Wassertröpfchen in das glühende Röhrchen gelangen und ein Zerspringen desselben veranlassen.



Figur 61.

Nachdem auf solche Weise die Kommunikation zwischen den Büretten A und B hergestellt ist, verbindet man die untere Spitze von A mit dem Wasserzulauf aus einer hochstehenden Flasche F; läßt man während der Verbindung etwas Wasser aus dem Schlauchende hervortreten, so bleibt keine Luftblase zwischen Schlauch und Spitze. Man öffnet alsdann die Hähne b und b_1 und läßt durch vorsichtiges Drücken an dem Quetschhahn q Wasser in die Bürette A einfließen.

Das zu verbrennende Gasgemisch wird auf diese Weise aus der Bürette A durch das Verbrennungsröhrchen v getrieben; an dem glühenden Palladiumdraht findet eine vollkommene Verbrennung statt und der Gasrückstand gelangt nach B; das hier befindliche Wasser fließt durch b_1 ab. Man reguliert die Geschwindigkeit des Gasstromes so, daß das aus b_1 abfließende Wasser keinen zusammenhängenden Strahl bildet. Ist das Wasser in A bis zur Bohrung des oberen Hahnes a gestiegen und alles Gas, mit Ausnahme des kleinen im Röhrchen V befindlichen Teils, nach B gelangt, so schließt man die Hähne b und b_1, nimmt die Lampe L weg und läßt es erkalten. Man läßt nun Wasser aus dem Trichteraufsatz in die Bürette B fließen bis der Gasrest wieder unter dem früheren Druck steht. Die Differenz zwischen der ersten Ablesung in der Bürette A und der zweiten in B giebt die durch die Verbrennung eingetretene Kontraktion; durch Multiplikation mit $^2/_3$ erfährt man das Volumen des verbrannten Wasserstoffs.

Statt der zweiten Bürette B läßt sich jedes andere passend gestaltete, nicht geteilte Gefäß benutzen, etwa eine 100 Kubikzentimeter Pipette; man bringt in diesem Fall den Gasrest wieder nach A zurück, indem man den Wasserzufluß mit dem unteren Ende des Gefäßes B verbindet und das Wasser

aus b abfließen läßt, und nimmt die zweite Messung ebenfalls in der Bürette A vor.

Um über die Brauchbarkeit der beschriebenen Methode ein Urteil zu gewinnen hat Bunte Versuche mit Wasserstoff-Luftmischungen angestellt, von denen neun auf einander folgende Beobachtungen diese Resultate ergaben:

Angewendet.		Beobachtet.	
Wasserstoff. Vol. %.	Luft. Vol. %.	Kontraktion.	% Wasserstoff.
3,0	97,0	4,8	3,2
5,0	95,0	7,2	4,8
10,0	90,0	14,7	9,8
12,2	87,8	18,0	12,0
14,0	86,0	21,0	14,0
15,5	84,5	23,4	15,6
17,7	82,3	26,4	17,6
22,0	78,0	32,8	21,9
28,5	72,5	42,2	28,1

Die Gasmischungen verbrannten sämtlich ruhig und ohne Explosion.

Nachdem sich Dr. Bunte von der Brauchbarkeit seiner Methode für praktische Zwecke überzeugt hatte, hat er dieselbe bei Untersuchungen über die Gase der Kokegeneratoren, welche auf der Gasanstalt in München zur Ausführung kamen, angewandt. Die Heizgase wurden aus Koke unter Zuführung von Wasserdampf erzeugt und bestanden der Hauptsache nach aus Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Stickstoff. Die Bestimmung der Kohlensäure und des Kohlenoxyds wurden in der früher beschriebenen Weise mit Hülfe der Gasbürette durch aufeinanderfolgende Absorption mit Kalilauge und salzsaurer Kupferchlorürlösung ausgeführt. Die Analyse des wasserstoffhaltigen Gasrückstandes wurde in folgender Weise ausgeführt.

Nachdem der Stand der Kupferchlorürlösung in der Bürette abgelesen, wird der durch Kautschukschlauch mit Glasstopfen verschlossene Dreiweghahn a so gedreht, daß die Winkelbohrung desselben mit dem Innern der Bürette kommuniziert; man öffnet sodann den unteren Hahn b und läßt einen Teil des Kupferchlorürs ausfließen, sodaß ein Unterdruck im Innern der Bürette stattfindet; nimmt den Kautschukverschluß der Hahnspitze a weg, so tritt Luft in die Bürette ein, das Kupferchlorür fließt durch b ab. Man läßt den größten Teil des Absorptionsmittels, welcher wiederholt zur Analyse verwendet werden kann, ausfließen bis zur 0 Marke, entfernt durch Absaugen den Rest desselben und spült die Bürette in bekannter Weise zunächst mit salzsäurehaltigem, sodann mit reinem Wasser aus. Nachdem man das Gasgemisch unter den Druck der Flüssigkeitssäule im Trichteraufsatz gesetzt und das Volumen desselben gemessen, verbindet man die Spitze des Dreiweghahns durch einen kurzen Kautschukschlauch mit dem Verbrennungsröhrchen und der zweiten Bürette und führt die Verbrennung in oben beschriebener Weise aus. Die vollständige Analyse eines aus Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Stickstoff bestehenden Gase ist in etwa 20 Minuten beendet.

Folgende drei Analysen sind mit einer Gasprobe innerhalb 45 Minuten in unmittelbarer Nähe der Ofenanlagen ohne besondere Vorsichtsmaßregeln ausgeführt worden; sie geben zugleich einen Anhaltspunkt für die nach der angegebenen Methode selbst unter ungünstigen Bedingungen zu erreichende Genauigkeit.

	I.	II.	III.
Kohlensäure	9,0	9,0	8,8
Kohlenoxyd	13,2	13,0	13,1
Beobachtete Kontraktion	7,8	7,0	6,8
Entsprechend Wasserstoff	5,2	4,7	4,5

Über die Bestimmung der Kohlenwasserstoffe: des Sumpfgases, Äthylens, sowie über die Analyse des Leuchtgases konnten bisher nur vorläufige Versuche angestellt werden, die in der nächsten Zeit vervollständigt werden sollten. Die Verbrennung des Kohlenoxydgases ist in angegebener Weise mit derselben Leichtigkeit auszuführen wie die Bestimmung des Wasserstoffs, und erfordert kaum längere Zeit als die Absorption des Kohlenoxydgases durch saure Kupferchlorürlösung; die Menge desselben kann entweder aus der Kontraktion berechnet (Kontr. $\times$ 2 = Vol. CO) oder durch Absorption der gebildeten Kohlensäure bestimmt werden. Versuche, das Palladium durch andere Metalle, z. B. Platin, zu ersetzen, haben bisher ein negatives Resultat ergeben, da bei geringen Mengen brennbarer Gase nur eine unvollständige Verbrennung stattfand, während bei größeren Mengen Verpuffungen eintraten.

Vereinfachtes Thermometer und Manometer von E. Tomson.

Figuren 62 und 63.

Thermometer. Die Figur 62 stellt ein Quecksilberthermometer dar, welches für Temperaturen von 0—360° C. bestimmt ist. Es befindet sich in einer Kupferhülse von 2 Zentimeter Durchmesser, an dessen untern Teil sich ein Zylinder von 6 Zentimeter Länge und 2 Zentimeter Durchmesser anschließt. Dieser letztere Teil enthält Sand, in welchen der Quecksilberbehälter des Thermometers eintaucht. An dem obern Teil der Hülse befindet sich ein 4 Millimeter im Durchmesser haltender Eisenstab, welcher als Verlängerung dient und so gestattet das Thermometer in die Gasquelle einzuführen. Ein Schlitz in der Kupferhülse gestattet beim herausziehen des Instrumentes die Temperatur am Thermometer abzulesen. Da der Sand die Abkühlung des Quecksilbers verlangsamt, kann man sicher ablesen und die Kupferhülse schützt das Thermometer vor der direkten Flamme

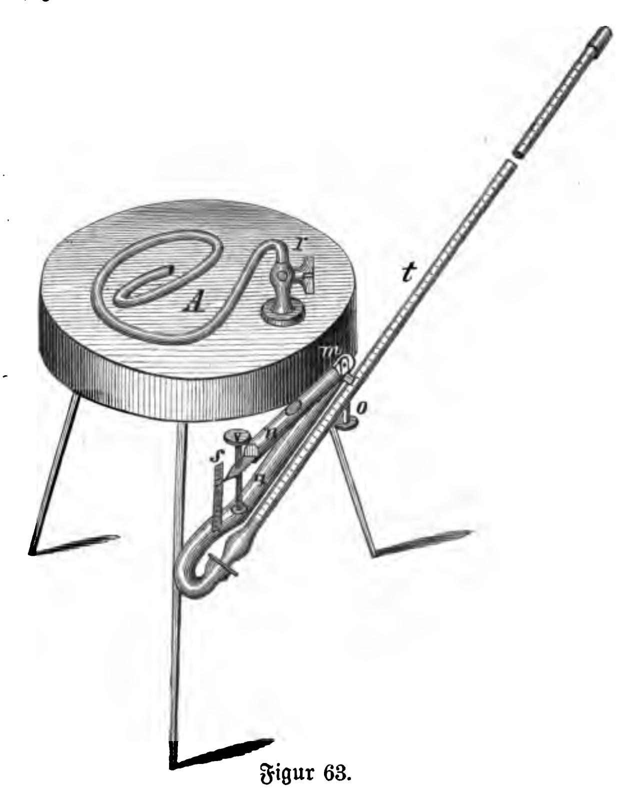
Manometer für schwachen Druck. In Figur 63 ist dasselbe dargestellt. Eine runde Metallkapsel von 10 Zentimeter Durchmesser und 15 Millimeter Höhe, welche auf 3 abnehmbaren Füßen ruht, trägt ein zurückgebogenes Rohr *u*. Dasselbe kommuniziert auf der einen Seite mit der Metallkapsel, auf der andern mit einer Glasröhre von 1,5 Millimeter lichter Weite und 35 Zentimeter Länge, geteilt in Millimeter.

Die Röhre *u* ist bei *m* drehbar, wodurch man die in Millimeter geteilte Glasröhre alle Lagen von der vertikalen bis zur horizontalen geben kann.

Mittelst einer kleinen Schraube *s* kann man die Röhre in der gewünschten Lage befestigen. Auf dem einen Arm der zurückgebogenen Röhre befindet sich eine Libelle, welcher man mit Hülfe der Schraube *v* verschiedene Messungen geben kann, welche mit der Tabelle *e* gemessen werden können. Ein Dreiwegehahn *r* auf der Metallkapsel

Fig. 62.

erlaubt letztern mit der atmosphärischen Luft oder mit Hülfe eines starken Gummischlauches mit dem Gasraum, dessen Druck man messen will, in Verbindung zu setzen.



Figur 63.

Der Apparat wird folgendermaßen gebraucht:

Man schraubt den Hahn *r* ab und füllt den Behälter ungefähr zur Hälfte mit gefärbtem Alkohol. Es genügen dazu zirka 50 Kubikzentimeter.

Wenn es sich darum handelt einen Druck von mehreren Zentimetern Alkohol zu messen, so stellt man das geteilte Glasrohr vertikal und verbindet mittelst des Hahnes *r* das Innere des Behälters mit der Atmosphäre. Der Alkohol steht im Behälter und der Glasröhre gleich hoch. Man läßt das Niveau an der Glasröhre ab und verbindet hierauf durch den Hahn *r* den Apparat mit der Gasquelle. Bei vorhandenem Drucke steigt der Alkohol in der Glasröhre und man notiert den Stand des letztern. Der Unterschied zwischen den beiden Niveaus ist der Gasdruck, welcher leicht bis auf 1 Millimeter bestimmt werden kann. Der Unterschied des Alkoholniveaus in dem Behälter kann vernachlässigt werden, da das Verhältnis des Durchschnittes der geteilten Glasröhre zu dem Behälter $^1/_{5000}$ ist. Der Fehler ist nur $^1/_{5000}$, d. h. für einen Druck von beispielsweise 30 Zentimeter ist die Variation des Alkoholniveaus in dem Behälter nur $^3/_{50}$ Millimeter.

Wenn man starken Druck messen will, steckt man den Gummischlauch an das geteilte Glasrohr an.

Schwacher Druck kann mit großer Genauigkeit gemessen werden, durch horizontale Einstellung des Glasrohres. Für 1 Millimeter Druck zeigt das geteilte Glasrohr einen 5, 10, 20 mal größeren Ausschlag je nach der Messung, welche man demselben giebt und so kann man einen Druck von 1/5, 1/10, 1/20 ablesen.

Man bezeichnet ein für allemal an der Tabelle *c* die Stellungen der Libelle, welche den verschiedenen Messungen des geteilten Glasrohres entsprechen. Wenn man dann später mit dem Apparat arbeiten will, z. B. auf 1/10 Millimeter, so genügt es, nachdem man das Niveau für den betreffenden Fall hergestellt hat, die geteilte Glasröhre in die horizontale Lage zu bringen durch mehr oder weniger Steigen desselben. Der von dem Unterschied des Niveaus in dem Behälter herrührende Fehler wird nicht größer als 1/4000 des beobachteten Druckes sein, aber er wird sich mit der Steigerung des Rohres vergrößern. Für eine Annäherung von 1/10 Millimeter wird er 1/500 betragen, sodaß beim Messen eines Druckes von 10 Millimeter Alkohol auf 1/10 Millimeter der Irrtum 1/50 Millimeter sein wird.

Dies gemäß für technische Untersuchungen. Andererseits kann man dadurch, daß man den Durchmesser des Alkoholbehälters etwas vergrößert den Fehler etwas verkleinern.

Dieser Apparat beruht auf demselben Prinzip wie der von Scheurer-Kestner, aber er ist bedeutend bequemer zum transportieren und Aufstellen und erlaubt stärkeren Druck zu messen. Herr Wery, Mechaniker, Universitätsplatz in Lüttich setzt den Apparat für 35 Fr. an.

Anemograph*)

von Mechaniker Fuchs in Berlin.

Figur 64.

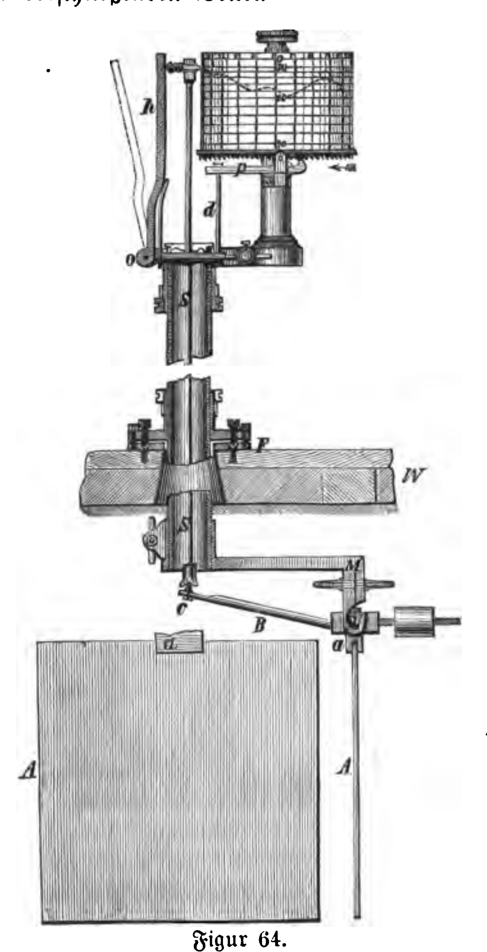
Dieser Apparat hat den Zweck die Zugänderungen in dem Abzugskanal einer Feuerungsanlage innerhalb einer gewissen Zeit graphisch darzustellen. Er giebt also gewissermaßen ein graphisches Bild der Verbrennung.

Der Apparat besteht aus einer an einem Wagebalken *B* bei *a* befestigten ebenen Blechtafel *A*, welche in der Mitte des Querschnitts des Kanals so angebracht ist, daß ihre Fläche senkrecht zur Richtung des durch den Kanal streichenden Gasstroms steht. Der Wagebalken *B* ruht mit seiner Mittelachse in dem Träger *M*, dieser ist innerhalb des Kanals an einer Röhre angeschraubt, welches auf dem Gewölbe *W* mittelst des Flantsches *F* befestigt ist. Das obere Ende der Röhre trägt den Registrierapparat. Derselbe besteht aus der mit einer Papierskale umzogenen Trommel, welche durch ein in ihrem Innern befindliches Uhrwerk in 24 Stunden einmal umgedreht wird. Der untere Rand der Trommel ist gezahnt und bewirkt während seines Umlaufs ein Anheben und Fallenlassen des Hebels *p*, welcher seine Bewegung durch die kleine Zugstange *d* auf den um *o* drehbaren Winkelhebel *h* überträgt, der also beim Einfallen des Hebels *p* in eine Zahnlücke der Trommel mit seinem oberen Ende den an der Stange *S* befindlichen Stift trifft und hierdurch das Eindrücken einer Marke auf die Papierskale bewirkt. Die Stange *S* ruht mit einem Pfannenlager auf der Endschneide *c* des Wagebalkens *B*

*) Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbeausstellung 1879 von Dr. Löwenherz.

und gleitet bei der Bewegung desselben mit sehr geringer Friktion in einem das obere Ende der Messingröhre verschließenden Deckel.

Die Thätigkeit des Apparates vollzieht sich in folgender Weise: Durch die Gasströmung wird die Tafel *A* eine gegen die senkrechte Richtung geneigte Stellung einnehmen und der an der Stange *S* befestigte Stift wird eine entsprechend tiefere Lage an der Papierskale markieren, während er bei Außerbetriebsetzung des Feuers mit der Nulllinie derselben koinzidiert. Der Ausschlag der Tafel bei verschiedenen Gasgeschwindigkeiten wird mit Hülfe eines Combes'schen Apparates empirisch ermittelt und hiernach die Teilung der Papierskale hergestellt. Die tiefste Linie der Skale bezeichnet die für den vorliegenden Apparat angenommene stärkste Gasgeschwindigkeit. Die Teilung wird in 24 senkrechten Linien (die Stundenteilung der Trommel) durchschnitten. Das Markieren des jeweiligen Standes der Tafel geschieht viertelstündlich, sodaß die die Trommel umgebende graphische Darstellung sich so zeigen wird, wie in der Figur punktiert angedeutet ist. Durch die Verbindung der so markierten Punkte erhält man also eine Geschwindigkeitskurve, deren Schwankungen bei gleichmäßiger Verbrennung sehr gering sein würden. Sie zeigen sich bei regelmäßiger Beschickung des Rostes auch stetig vom Beschickungspunkte an steigend, weil durch das Freiwerden des Rostes ein größeres Luftquantum zutreten kann.



Figur 64.

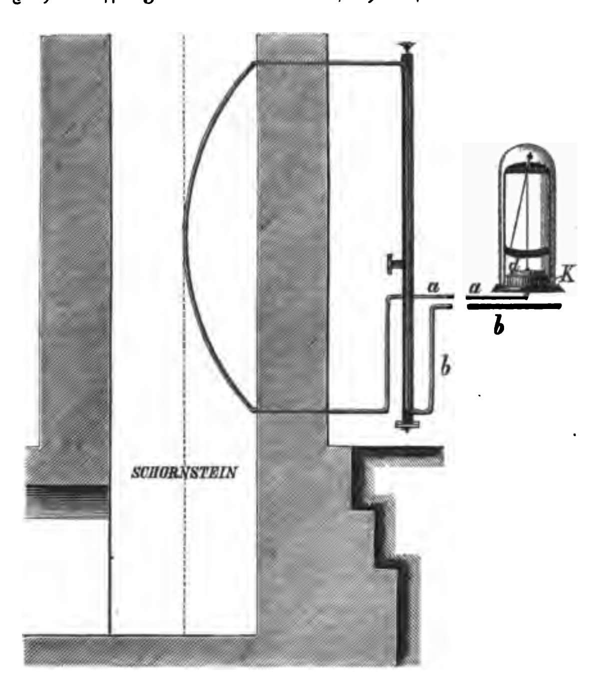
Der Apparat wird schon seit Jahresfrist bei der Dampfkesselanlage der Kohlenversuchsstation des Niederschlesischen Bergwerksvereines von dem Direktor der Gewerbeschule in Brieg Herr Nöggerath angewandt.

Der Mechaniker Fuchs in Berlin, Alte Jakobstraße 108, liefert auch Anemometer, die eine ganz besondere Beachtung verdienen. Dieselben registrieren die Luftgeschwindigkeit in einer Minute selbstthätig. Sie geben unmittelbar die Luftgeschwindigkeit für eine Sekunde in Metern an; jede Berechnung fällt also weg. Die Anemometer sind namentlich bei Gasfeuerungen an Dampfkesseln von Wert, um den Zutritt der sekundären Luft messen zu können und dies ist hierbei um so einfacherer und sicherer auszuführen, da diese Luft in enge Kanäle eintritt und alsdann dem Feuerherd zugeführt wird.

Offenes Luftpyrometer (Patent Wiske), Barum bei Wolfenbüttel.

Figur 65.

Dasselbe besteht im wesentlichsten aus einem langen Gasrohre *a b*, welches im unteren Teil des Schornsteins, von außen eingeleitet, bis zu einer gewissen Höhe aufsteigt und dort den Schornsteinraum wieder verläßt, um außerhalb desselben bis zu dem eintretenden Teile wieder herabgeleitet zu werden, indem dasselbe im Herabsteigen von einem weiteren Rohre umgeben ist, welches mit direktem Kesseldampf gefüllt wird, eine Dampfhülle von der Temperatur des Kesselinhaltes für das Luftrohr bildet. Dieses Dampfrohr ist gut gegen Abkühlung zu verwahren, oben mit einer nadelgroßen Öffnung und unten mit einem sehr kleinen Hahn versehen, um das Kondenswasser ablassen zu können.



Figur 65.

In den kommunizierenden Röhren fällt die weniger heiße schwerere Luft im Dampfumhüllten Teile der Leitung nach unten und tritt endlich aus, während die heißere, leichtere Luft in dem im Schornstein befindlichen Teile nach oben steigt und Außenluft ansaugt, so lange diese Zirkulation nicht durch Abschluß der einen Öffnung gehemmt ist.

Beide zu einander geführte Rohrenden werden nun neben einander dorthin geleitet, wo die Temperaturanzeige stattfinden soll. Das ansaugende Ende *a* wird durch eine Schlauchverbindung mit einem Röhrchen vereinigt, welches von unten in die Blechkapsel *k* mündet, die doppelte konzentrische Ränder hat, um den in diesem Zwischenraum mit einem Rande frei schwebenden Deckel *d* durch Glycerin luftdicht abzuschließen. Dieser aus ganz dünnem Messingblech hergestellte Deckel *d* hängt an einer empfindlichen Zeigerwage, welche dem Deckel nur eine Bewegung von 1½ Millimeter nach unten oder oben machen läßt. Während hier das ansaugende Rohr seinen Abschluß in der Kapsel findet, bleibt das andere offen.

Die Kraft der Ansaugung des Kapseldeckels entspricht der Gewichtsdifferenz zwischen zwei gleichen Luftsäulen von dem Durchmesser des Kapseldeckels und der Höhe des Rohrs im Schornstein, wovon die eine die maßgebende Dampftemperatur und die andere die Temperatur des Schornsteininhalts besitzt. Die

Dampftemperatur ist als konstant zu betrachten, da Druckschwankungen bis zu 1/4 Atmosphären auf- oder niederwärts nur unwesentliche Abweichungen, zumal bei Hochdruck, ergeben. Nachdem das Gewicht der Luftsäule von dieser Dampftemperatur aus dem bekannten Gewichte der Atmosphärenluft von 0° ermittelt ist, läßt sich leicht das Mindergewicht für die über jene Dampftemperatur hinausgehenden Grade berechnen, sodaß nur diese Gewichte auf den Kapseldeckel gelegt zu werden brauchen, bevor der Anzeigeapparat mit der Rohrleitung verbunden ist, um die Skala der Temperaturgrade danach festzustellen.

Da die Schwere der Luft, deren Temperatur (zu 273 bei 0° gerechnet und die Grade über Null daher zuzüglich 273) umgekehrt proportional ist, so läßt sich die Richtigkeit des Apparates jederzeit mittelst der zu berechnenden Gewichte prüfen. Der niedrigste Punkt der Skala, die Dampftemperatur, ist schon durch die Aufhebung der Schlauchverbindung zu kontrollieren, wodurch zugleich ein Einlassen frischer Luft in das Rohr bewirkt wird, falls etwa vermutet werden sollte, daß in der stagnierenden Luft allmählich störende Differenzen hinsichtlich der Zusammensetzung entstanden sein könnte, was indessen nach den gemachten Erfahrungen nicht vorkommt.

Eine Kesselanlage für maximal 3½ Atmosphären Überdruck wird normal mit 3¼ Atmosphären betrieben, sodaß die Normaltemperatur 147° beträgt. Ist das Rohr im Schornstein 586 Zentimeter hoch und der Kapseldeckel 16,1 Zentimeter Durchmesser haltend, so kommt eine Luftsäule von 0,119 Kubikmeter Inhalt in Betracht. 1 Kubikmeter atmosphärischer Luft von 0° wiegt im Mittel 1292 Gramm; danach $\frac{273 \cdot 1292}{273 + 147} = 840$ Gramm bei jener Temperatur von 147°. Die 0,119 Kubikmeter solcher Luft wiegen daher $0{,}119 \cdot 840 = 100$ Gramm.

Aus der Gleichung

$$G = \frac{(n + 273) \cdot 100}{(t + 273)},$$

wenn G das gesuchte Gewicht für die gedachte Temperatur t im Schornstein und n die Normaltemperatur ist, ergeben sich die Gewichte der Luftsäule für alle Temperaturen und somit die auf den Kapseldeckel zu wirkenden Differenzgewichte.

Bei 200° beträgt dieses z. B. 11,2 Gramm, bei 300° 26,7 Gramm, bei 400° 37,6 Gramm, bei 500° 45,7 Gramm.

Um den Schwankungen des Barometerstandes Rechnung zu tragen, ist an der Skala die Einrichtung getroffen, daß für die Differenzen der Quecksilbersäule elf konzentrische Kreisbögen vorhanden sind, welche von dem Temperaturzeiger gekreuzt werden, wobei der Kreuzungspunkt durch die zu der radial gestellten 100° Marke parallel stehenden Teilstriche mit mathematischer Genauigkeit den Temperaturgrad angiebt.

Für gewöhnlich dürfte die Mittellinie des 760 Millimeterstandes zur Beobachtung ausreichen.

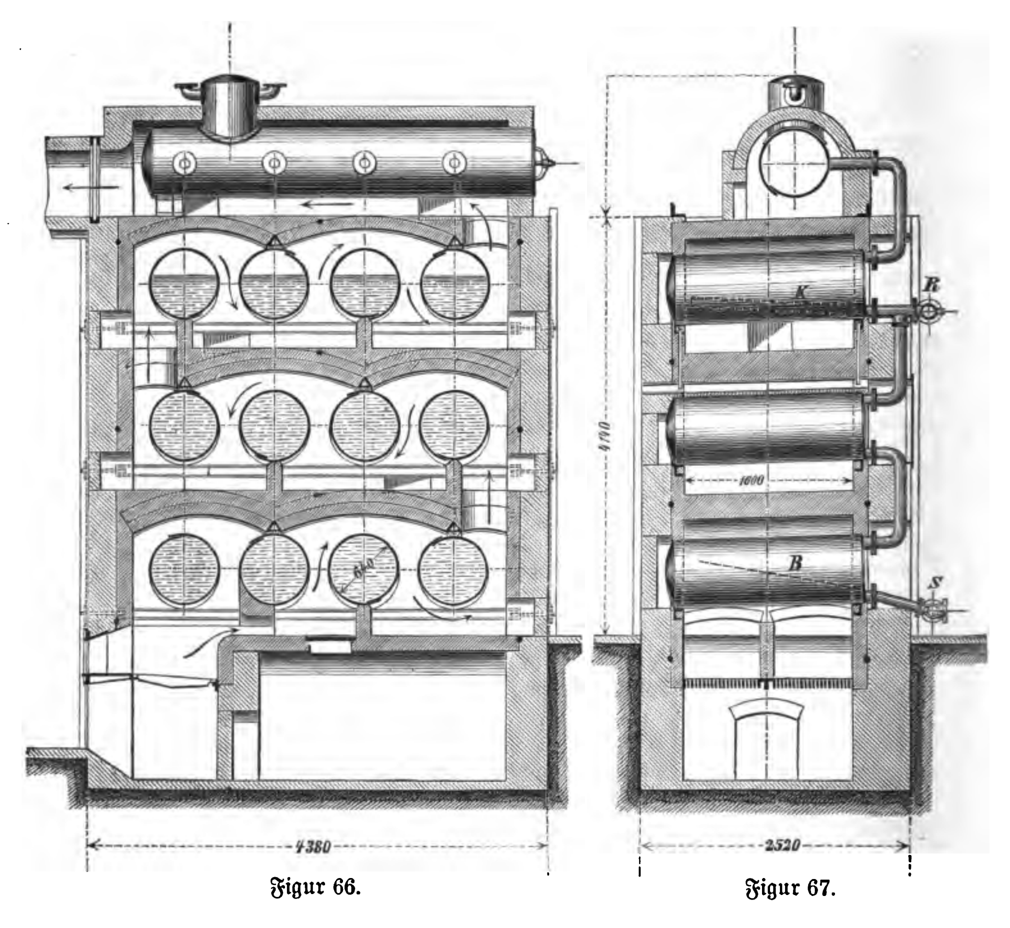
Dritter Abschnitt.

Verschiedene Dampfkessel-Systeme.

Batteriekessel (D. R. P.) von J. Pohlig.*)

Figuren 66 bis 68.

Derselbe besteht aus 12 Einzelkesseln von je 645 Millimeter äußerem Durchmesser und 1,8 Meter Länge, welche des beschränkten Raumes wegen

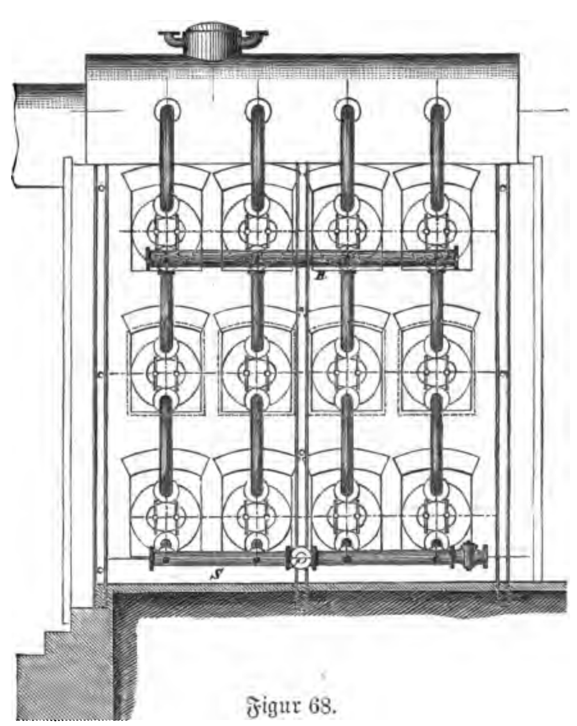


Figur 66. Figur 67.

in drei Etagen zu vier Kessel über einander gruppiert wurden; oben darüber

*) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Bd. XII.

liegt der gemeinschaftliche Dampfsammler von gleichem Durchmesser wie die einzelnen Querkessel, aber 3,58 Meter Länge. Die Kessel der unteren Lagen werden durch das gemeinschaftliche Speiserohr *S* gleichzeitig gespeist und sind an ihrem höchsten Punkte durch schmiedeeiserne Rohre mit den darüber liegenden Kesseln verbunden. Die Verbindungsrohre können sowohl an der hinteren als auch an der vorderen Langseite angebracht werden, letzteres ist hier ausgeführt. Die beiden oberen Lagen werden durch das gemeinschaftliche Speiserohr *R* gespeist. Um in den vier unteren Kesseln etwas Zirkulation zu erzeugen, ist unmittelbar über dem Speiseeingangsstutzen eine schrägliegende Blechwand *B* angebracht.



Figur 68.

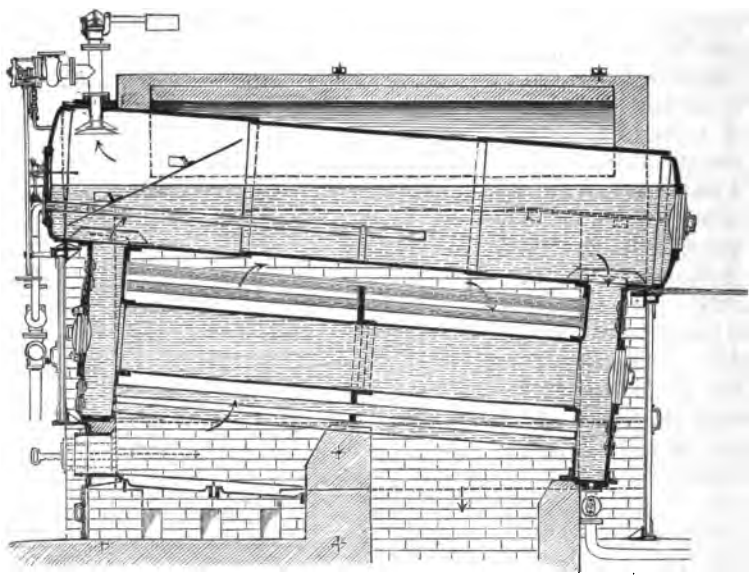
Die Art der Einmauerung und die dadurch erzielte schlängelnde Bewegung der Heizgase sind aus der Zeichnung genügend ersichtlich. Hiernach beträgt die vom Wasser berührte Heizfläche etwa 32 Quadratmeter und die von Dampf bespülte Heizfläche 12,7 Quadratmeter, also die totale vom Feuer berührte Kesselfläche etwa 42,7 Quadratmeter. Die beiden getrennt angelegten Roste, gewöhnliche Planroste, haben je 700 Millimeter Breite und 840 Millimeter Länge, sodaß die ganze Rostfläche 1,176 Quadratmeter beträgt. Der Schornstein hat 25 Meter Höhe bei einer oberen Lichtweite von 600 Millimeter.

Wasserröhren-Dampfkessel (D. R. P.) von Heine, Berlin.

Figuren 69 und 70.

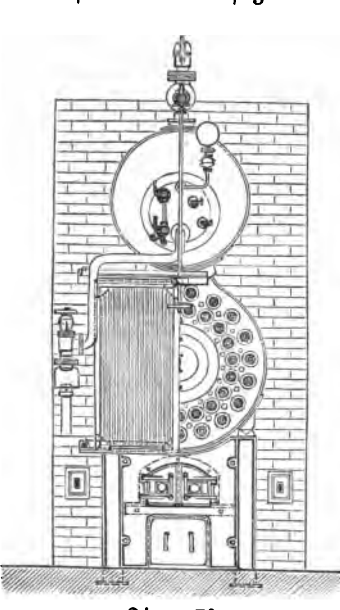
Der Kessel besteht aus zwei Hauptteilen und zwar: aus dem Oberkessel und dem Grundkörper des Unterkessels und derart zusammengesetzt, daß eine Zirkulation des Wassers in der vollkommensten Weise erreicht wird; dieselbe wird durch die in dem Oberkessel angebrachte Deflektionsplatte noch begünstigt. Der Oberkessel, an welchem die Anschlußquerschnitte für die Aufwärtsbewegung des Wassers und Dampfes, als auch für den Rücklauf des Wassers reichlich bemessen sind, bietet eine dem Inhalt entsprechende große Wasserfläche für die Absonderung des Dampfes aus dem Wasser, sodaß plötzliche Schwankungen im Dampfdruck und Wasserstand ausgeschlossen sind.

Der Unterkessel besteht aus zwei flachen zylindrischen Endkammern, deren Innenräume mittelst der halsförmigen Anschlüsse mit denen des Oberkessels, sowie durch ein zentral angeordnetes Rohr unter einander in Verbindung stehen.



Figur 69.

Die Anordnung dieses zentralen Rohres ist insofern eine ganz richtige, als sonst an dieser Stelle ein sogenannter todter Raum entstehen würde, in welchem die in der üblichen Weise eng aneinander gebrachten kleineren Röhren nicht genügend von den Heizgasen berührt werden können. Das zentrale Rohr, dessen Durchmesser eine bequeme Befahrung zuläßt, wird von schmiedeeisernen Rohren von geringem Durchmesser umgeben, welche in konzentrischen Reihen (hier 2) um das zentrale Rohr angeordnet sind und die Innenräume der beiden Endkammern mit einander in Verbindung setzen.



Figur 70.

Das Innere des Oberkessels wie des zentralen Rohres ist durch in der Achsenrichtung derselben angeordnete Mannlöcher zugänglich. Jedem Wasserrohr gegenüber befindet sich in den Außenböden der Kammern ein rundes Zugangsloch, welches durch einen innern und äußern Doppelverschluß geschlossen ist, wie es bislang an keinem Wasserrohrkessel erzielt worden ist. Hierbei werden die innern Deckel durch den Dampfdruck selbst dicht gehalten. Die äußeren ohne Dichtung vorgelegten Deckel können bei vollem Kesseldruck abgenommen und

ebenfalls abgedichtet werden. Dieses giebt die Garantie eines unter allen Umständen dichten Kessels.

Die beiden flachen Wände jeder Kammer sind unter sich durch Hohlanker gegenseitig verankert, die insofern eine absolute Sicherheit gewähren, daß bereits bei einem teilweisen Bruch des Ankers das Entweichen von Dampf oder Wasser den Defekt sofort bemerkbar macht. Die Anordnung der Hohlanker gestattet gleichzeitig noch das Reinigen der gesamten Heizfläche von Ruß u. s. w. mittelst Dampfstrahl, während der Kessel in Betrieb ist.

Die Feuerungseinrichtung und die Führung der Heizgase ist aus den Figuren zu ersehen, nur ist noch zu bemerken, daß die für die Verbrennung erforderliche Luft erst in die in den Seitenmauern angebrachten Kanäle strömt und alsdann erwärmt unter den Rost tritt, welche Einrichtung bekanntlich von wesentlichen Vorteil ist.

Auch eignet sich dies Kesselsystem insbesondere für Gasfeuerungen.

Der Bau dieses Kessels ist von A. Borsig, Maschinenbau-Anstalt zu Moabit bei Berlin und von Jacques Piedboeuf, Dampfkesselfabrik zu Aachen übernommen worden.

In der nachstehenden Tabelle L sind die Hauptabmessungen von 15 verschiedenen Kesseln dieses Systems von 23 bis 106 Quadratmeter Heizfläche zusammengestellt. Indessen werden auch solche von 5 Quadratmeter Heizfläche an und alle mit einem Betriebsdruck von 10 Atm. ausgeführt.

Tabelle L.

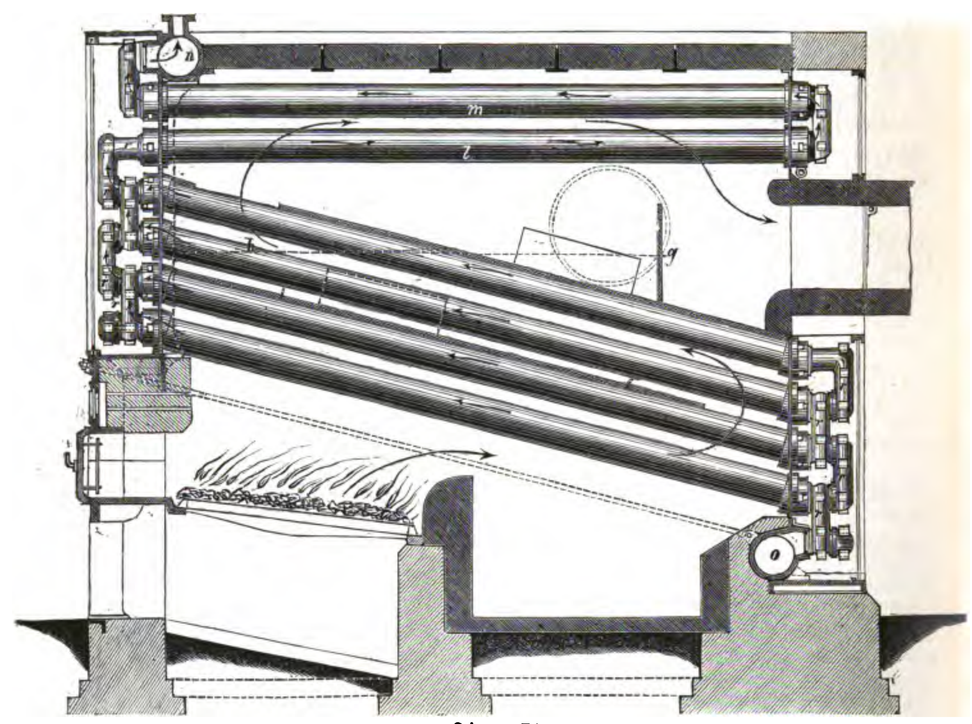
Hauptabmessungen.

Positionen.	Nummern der Kessel.														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Wasserberührte Heizfläche in Quadratmeter	23	26,7	30,3	38,8	45	51,2	54,4	63,1	71,8	59,3	67,5	75,6	83,2	94,6	106,1
Länge des Kessels zwischen den Rohrwänden in Meter	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5
Totale Länge des Kesselmauerwerks inkl. Armatur in Met.	3,9	4,4	4,9	3,9	4,4	4,9	3,9	4,4	4,9	4,4	4,9	5,4	4,4	4,9	5,4
Breite des Kessels inkl. Mauerwerk in Meter	—	1,6	—	—	1,9	—	—	2,05	—	—	2,15	—	—	2,35	5,4
Höhe des Kesselmauerwerks in Meter	—	3,1	—	—	3,4	—	—	3,7	—	—	3,7	—	—	4,0	—
Länge der Rostfläche in Meter	1,3	1,5	1,65	1,3	1,5	1,65	1,3	1,5	1,8	1,5	1,65	1,8	1,65	1,8	—
Breite der Rostfläche in Meter	—	0,45	—	—	0,75	—	—	1,0	—	—	1,0	—	—	1,25	2,0
Wasserinhalt des Kessels in Kubikdezimeter pro 1 Quadratmeter Heizfläche	104	98	96	83	77	73	74	71	68	88	85	83	75	74	72
Dampfraum des Kessels in Kubikdezimeter pro 1 Quadratmeter Heizfläche	49	47	45	37	36	35	33	31	30	33	32	31	30	28	27
Anzahl der Wasserrohre	—	19	—	—	38	—	—	57	—	—	50	—	—	75	—
Durchmesser derselben	89 Millimeter außen														
Äußerer Durchmesser der Kammern in Meter	—	1,0	—	—	1,25	—	—	1,5	—	—	1,5	—	—	1,7	—
Äußerer Durchmesser des zentralen Rohrs	—	0,52	—	—	0,52	—	—	0,52	—	—	0,75	—	—	0,75	—
Äußerer Durchmesser d. Oberkessels	—	0,8	—	—	0,9	—	—	1,0	—	—	1,0	—	—	1,1	—

Röhrendampfkessel. (D. R. P.) C. Beisel in Ehrenfeld.

Figur 71.

Derselbe besteht wie alle übrigen Wasserröhren-Dampfkessel aus schmiedeeisernen Rohren von höchstens 100 Millimeter Durchmesser, welche parallel unter sich in gewissen Abständen von einander zu einem Kesselsystem vereinigt



Figur 71.

sind und, um ein schnelles Aufsteigen des Dampfes hervorzurufen, in geneigter Lage angebracht. Die Vereinigung der Rohre untereinander erfolgt an der tiefsten Stelle durch einen Behälter *o*, in welchem das Speisewasser eintritt und welcher gleichzeitig als Schlammsammler dient. Die übereinander gelegten Rohre sind sodann am vorderen und hinteren Ende durch gußeiserne Verbindungsstücke *rr* untereinander in Kommunikation gebracht. An der höchsten Stelle sind die Siederohre mit einem Dampfsammler *n* verbunden.

Besonders bemerkenswert ist hierbei die einfache Anordnung der Dampftrocknung. Bekanntlich liefern die Wasserröhrenkessel infolge ihres geringen Wasserinhaltes sehr nassen Dampf. Es sind daher die verschiedenartigsten Vorrichtungen getroffen worden, um das Wasser aus dem Dampf mechanisch auszuscheiden.

Bei dem hier beschriebenen Kessel geschieht das Ausscheiden des Wassers

in der Art und Weise, daß der Dampf gezwungen wird, in den beiden oberen Rohrlagen *l* und *n* langsam hin und her zu zirkulieren und bei dieser langsamen Bewegung senken sich die mitgerissenen Wasserteilchen nieder und werden noch verdampft, da diese beiden Rohrlagen noch von den Heizgasen mitberührt werden, sodaß selbst noch eine vorteilhafte Überhitzung des Dampfes stattfindet. Der Wasserraum reicht nur bis zur Linie *h g*.

Die Verbindung der einzelnen Siederohre untereinander ist der Art hergestellt, daß jedes der Rohre entsprechend seiner Erwärmung sich frei ausdehnen kann, wodurch die Verbindungen leicht dicht gehalten werden können.

Der Hauptvorteil dieser Röhrenkessel, den wir noch kurz erwähnen wollen, besteht darin, daß mit ihnen nicht die Explosionsgefahr, selbst bei einem Betriebsdruck von 10 bis 20 Atm. verknüpft ist, wie bei allen übrigen Kesseln; es ist dies auch durch das deutsche Reichsgesetz anerkannt, indem dasselbe gestatte, derartige Kessel, deren sämtliche Röhren nicht über 100 Millimeter Durchmesser haben, in oder unter bewohnten Räumen aufzustellen, was für alle anderen Kessel untersagt ist.

Die Sicherheit derartiger Röhrenkessel erklärt sich erstens durch die große Festigkeit der so engen Röhren und zweitens, falls ein solches zersprengt, bleibt doch die Gefahr auf einen ganz geringen Wirkungskreis beschränkt.

Wasserröhrenkessel von Gebr. Sachsenberg, Roßlau.

Figuren 72 bis 75.

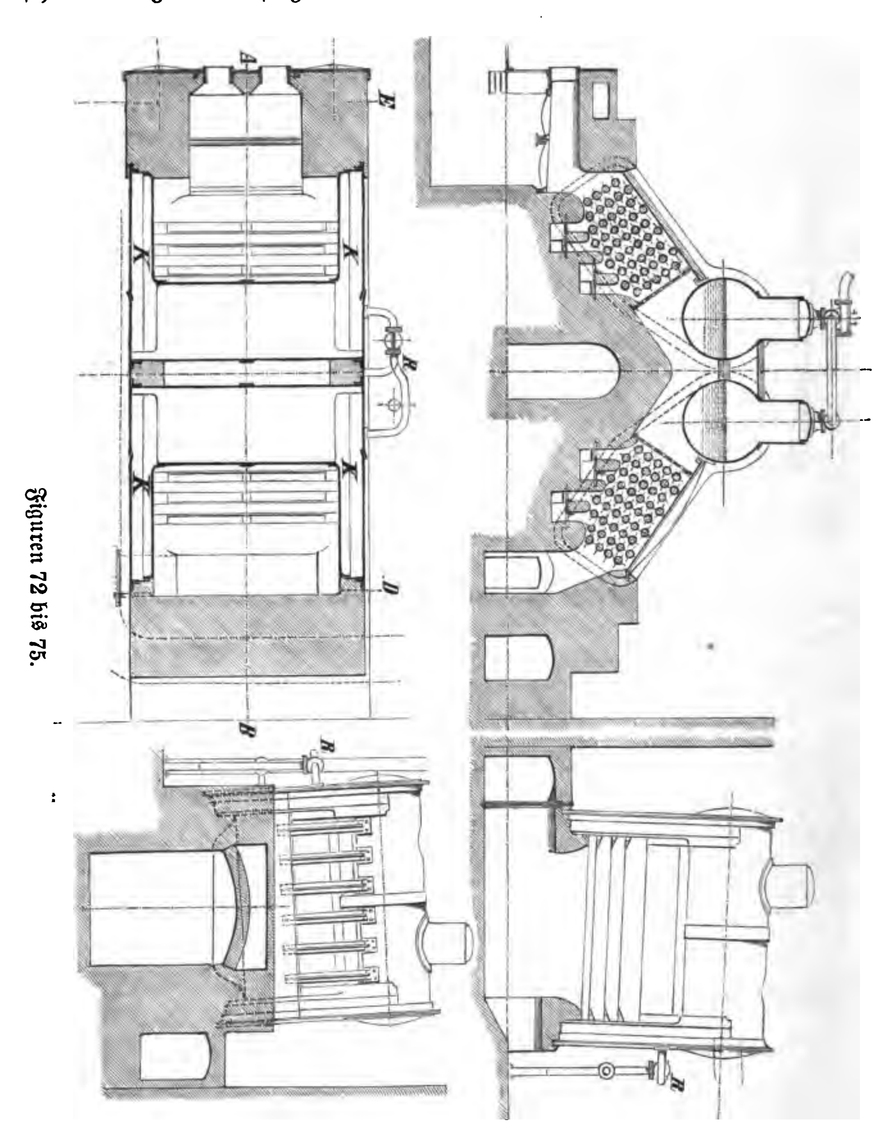
Dieser Kessel wird von der bezeichneten Firma einfach „Wasserröhrenkessel" genannt, richtiger würde man ihn jedoch kombinierten Wasserröhren- und Zylinder- oder Walzenkessel nennen können. Derselbe ist für den eigenen Gebrauch der Fabrik ausgeführt, und besteht aus zwei gleichen Röhrensystemen, welche in ihren Dampf- und Wasserräumen durch je ein Rohr verbunden sind. Jedes Röhrensystem hat zwei sich gegenüber liegende Wasserkammern *K* von 1,8 Meter Länge, 0,975 Meter Breite und 0,25 Meter lichter Weite, welche 2,26 Meter von einander entfernt, am höchsten Punkte einen Oberkessel von 1 Meter Durchmesser zwischen sich einschließen, und durch 47 Röhren von 102 Millimeter äußerem und 96 Millimeter innerem Durchmesser verbunden sind. Beide Röhrensysteme sind mit ihren Oberkesseln dicht an einander gelagert und zwar so, daß dieselben den höchsten Punkt bilden, während die Wasserkammern mit den Röhren nach beiden Seiten hin abfallen.

Die Heizfläche beträgt 73,72 Quadratmeter, die Rostfläche 1,77 Quadratmeter.

Das Feuer bestreicht aufsteigend zunächst die 47 Wasserröhren normal zu ihrer Längsrichtung, bespült dann nach einander die beiden Oberkessel und fällt alsdann wieder ab, die übrigen Wasserröhren bestreichend. Die Gase passieren nun die Schieberöffnung von 550 und 800 Millimeter Weite und gelangen dann durch den Fuchs nach dem Schornstein Das Speiserohr mündet in das Wasserverbindungsrohr *R* der beiden Röhrensysteme.

Bekanntlich findet die größtmöglichste Wärmeabgabe dann statt, wenn die Heizgase normal auf die Heizfläche geführt werden, und ist dies Prinzip,

wie wohl an keinem anderen bis jetzt bekannten Kessel, an dem hier beschriebenen genau verfolgt.



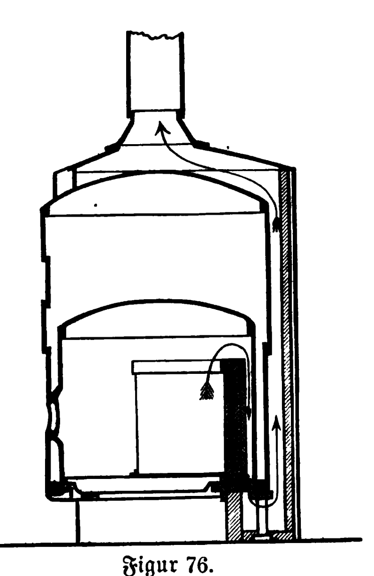
Figuren 72 bis 75.

Stehender Dampfkessel von Gebr. Schultz in Mainz.

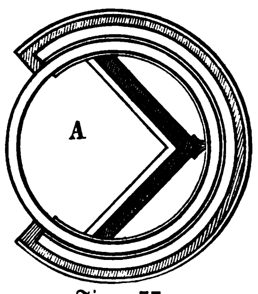
Figuren 76 und 77.

Wie aus den Figuren zu ersehen, ist die Konstruktion dieses Kessels eine so einfache, daß eine spezielle Beschreibung desselben überflüssig erscheint und nur folgendes erwähnt sein mag. In der Feuerbuchse ist eine mit Schamotte

ausgefütterte gußeiserne winkelförmige Wand resp. Feuerbrücke in der Weise aufgestellt, daß dadurch das Feuer hinter dieser nach unten geführt und alsdann zum größten Teil den Kessel von außen umspült wird, zu welchem Zweck ein aus Blech und Backstein hergestellter Mantel hochgeführt ist, an welchen sich gleichzeitig der Schornstein anschließt. Bei dieser Anordnung zeichnet sich der Kessel durch eine



Figur 76.



Figur 77.

sehr günstige Ausnutzung seiner Oberfläche als Heizfläche am Wasser- und Dampfraum aus.

Diese Kessel werden bis zu 10 Atm. Überdruck ohne Stehbolzen oder andere raumverschwendende Versteifungsteile gebaut.

Beispielsweise mag noch angeführt werden, daß ein zu einem bestimmten Zweck gebauter Kessel von 14 Quadratmeter totaler Heizfläche stündlich 311 Kilo vorgewärmtes Wasser mit 43,33 Kilo mittlerer Grieskohle verdampfte. Die Temperatur des Mantels geht während des Betriebes nicht über 10° C. hinaus. Seit 15 Jahren sind schon 100 solcher Kessel von 4—16 Pferdekräften (1 Quadratmeter Heizfläche genügt pro Pferdekraft) in der Schultz'schen Kesselschmiede ausgeführt.

Stehender Röhrenkessel. (D. R. P.) Främbs & Freudenberg, Schweidnitz.

Figuren 78 und 79.

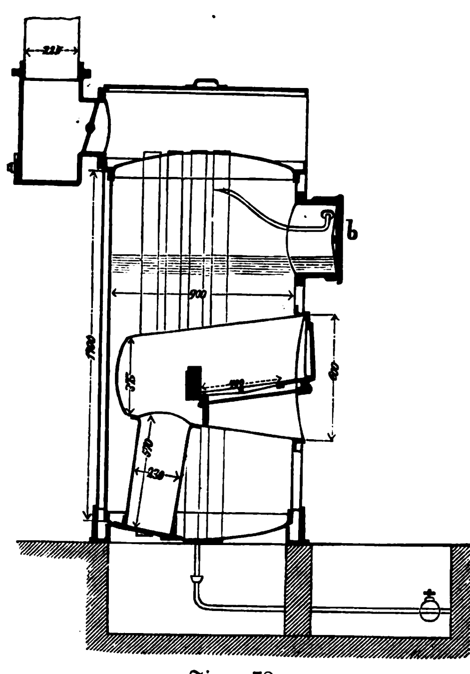
Dieser Kessel hat folgende Konstruktion:

Der äußere Mantel des Kessels besteht aus einem vertikalen Zylinder, der an beiden Enden durch gewölbte Böden geschlossen ist. In diesem Zylinder ragt, gegen die Achse desselben gerichtet, eine konische ganz geschweißte Feuerbuchse hinein, die durch einen Winkelring an den Kesselmantel angenietet ist. Das hintere Ende derselben ist mittelst eines Abfallrohres, welches in eine unter dem Kessel gemauerte Kammer mündet, mit dem Boden des Kessels verbunden.

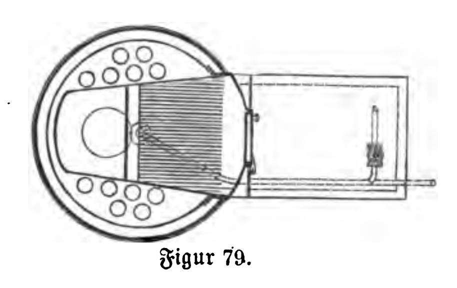
Die Konizität der Feuerbuchse ist so bemessen, daß durch die Öffnung des Kesselmantels die Buchse mit den daran genieteten Abfallrohr zusammen

in den Kessel eingesetzt und zum Zweck einer Reparatur auch so wieder herausgenommen werden kann.

Die Feuerbuchse ist so hoch gelegt, daß unterhalb derselben ein hinreichend weites Mannloch zum Befahren des unteren Kesselteils angebracht werden kann. Ein zweites Mannloch, in Form eines gußeisernen Stutzens *b*, ist für den oberen Kesselteil an der Vorderseite angebracht, welches gleichzeitig das Sicherheits- und Absperrventil, Wasserstandzeiger und Manometer trägt.



Figur 78.


Figur 79.

Außer der Feuerbuchse und Abfallrohr enthält der Kessel noch eine mit seiner Größe varriierende Anzahl, auf beiden Seiten der Feuerbuchse gleichmäßig verteilte Siederohre, die ihn der ganzen Länge nach durchziehen, sodaß diese auch noch den Dampfraum mit erhitzen.

Das Reinigen dieser Rohre von Ruß kann jeder Zeit während des Betriebes des Kessels durch einen Wischer geschehen. Zu dem Zweck sind an dem Deckel der Rauchbuchse entsprechende Reinigungs-Klappen angebracht.

Diese Kessel eignen sich auch zur Einmauerung, und ohne diese wird er gegen Ausstrahlung durch einen Blechmantel mit Schlackenwolle geschützt.

Die Rauchgase ziehen aus der Feuerbuchse durch das Abfallrohr nach der erwähnten Kammer und steigen alsdann durch die Heizrohre in die über dem Kessel befindliche Rauchbuchse, resp. in den Schornstein.

In der nachstehenden Tabelle LI sind die Hauptdimensionen dieser Kessel zusammengestellt:

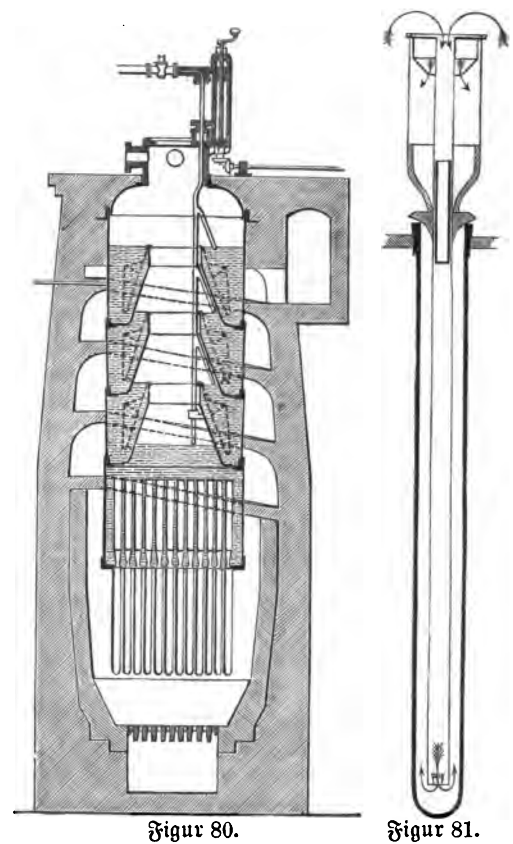
Tabelle LI.

Kessel.							
Heizfläche in Quadratmeter	4	6	8	9,8	11,75	14,4	19,4
Kesselspannung	6	6	6	6	6	6	6
Durchmesser des Kessels in Millimeter .	850	900	1050	1200	1250	1350	1450
Höhe des Kessels in Millimeter . . .	1500	1700	1850	2000	2100	2200	2350
Anzahl der Siederohre	13	17	20	24	29	35	47
Ungefähres Gewicht in Kilogrammen des Kessels samt Rauchbuchse	664	1120	1480	1790	2160	2690	3280
Schornsteine.							
Lichte Weite d. Schornsteins in Millimeter	200	235	250	265	315	350	400
Mittleres Gewicht in laufendem Meter in Kilogrammen	25	30	32	34	40	44	51

Stehender Dampfkessel von Dulac frères de Paris.*)

Figuren 80 und 81.

Bekanntlich leiden die stehenden Kessel an dem Übelstand, daß sie sehr nassen Dampf liefern, und ist diese Ursache namentlich: erstens darin zu suchen, daß die Dampfblasen eine zu hohe Wassersäule zu durchstreichen haben und zweitens daß die Wasseroberfläche im Verhältnis zu der mit Wasser berührten Heizfläche eine zu große ist, wodurch also die so in gewaltig großer Menge übereinander gebildeten Dampfblasen nicht in dem Maße so schnell an die Wasseroberfläche treten können als sie entwickelt werden und somit Wasserteilchen mit in den Dampfraum schleudern. Diese Übelstände scheinen nun bei dem in der Figur 80 dargestellten Kessel durch die in demselben angebrachten ringförmigen Etagen glücklich beseitigt zu sein, und ein Blick auf die Zeichnung erklärt dies zur genüge. Der untere Teil des Kessels ist mit den bekannten Field-Röhren ausgestattet, von welchen uns in Fig. 81 ein Querschnitt dargestellt ist, und die Zirkulation des Wassers in denselben durch Pfeile angedeutet.



Figur 80. Figur 81.

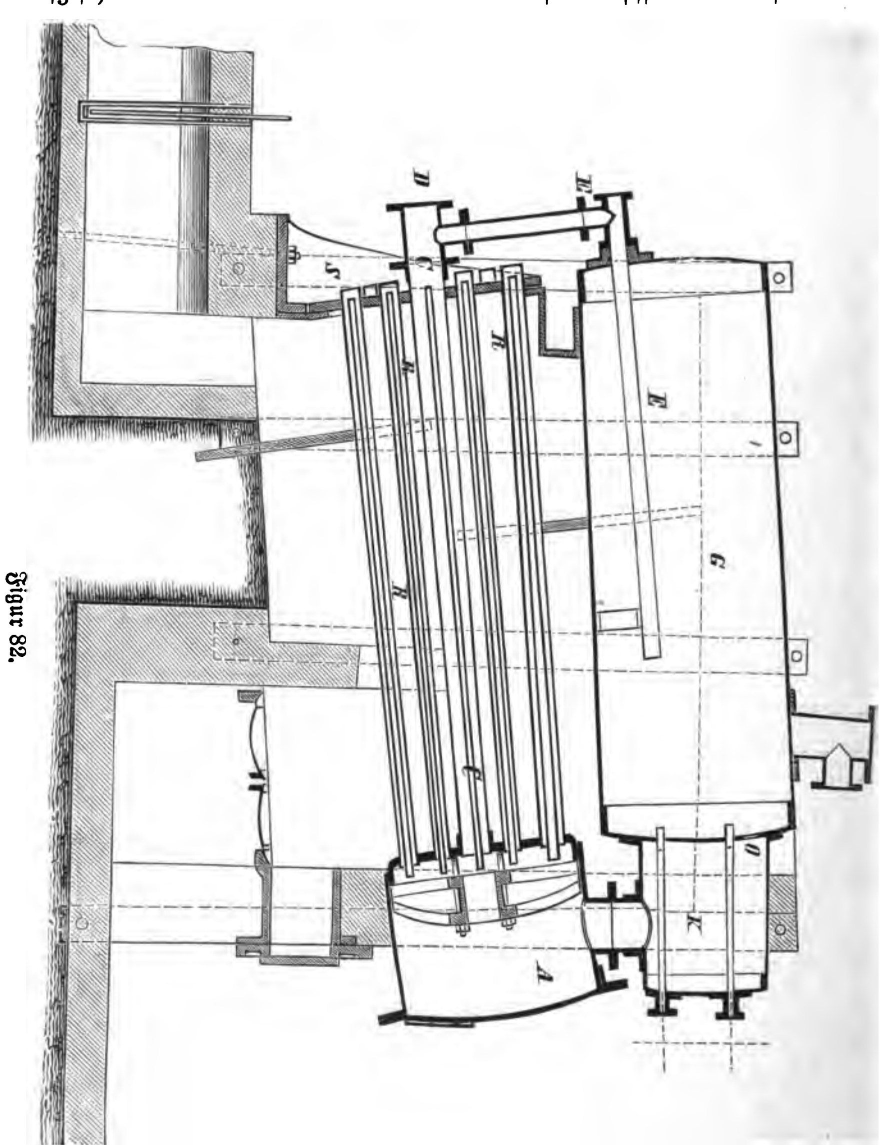
*) Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. 1879.

Die Heizgase gehen spiralförmig um den Kessel; berühren denselben also nahezu normal, welches also bekanntermaßen eine sehr günstige Ausnutzung der Wärme zur Folge hat.

Röhrendampfkessel. (D. R. P.) E. Willmann, Dortmund.

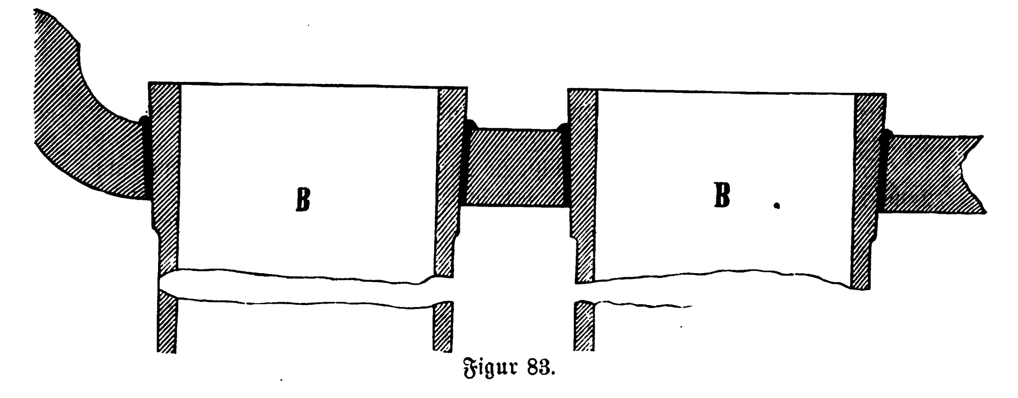
Figuren 82 und 83.

Dieser Kessel besteht zunächst aus einem zylindrischen Kopfstück *A* mit aufgeschraubtem Deckel. Mit dem Boden dieses Kopfstückes *A* ist in der



Figur 82.

Mitte desselben ein weites Rohr *C* fest verbunden und, um dem ersteren die vorgeschriebene Schräge zu sichern, am hinteren Ende in den Gußbock *S* gelagert. Um das Rohr *C* gruppiert sich eine größere Anzahl Sieveröhren *R*, welche an ihrem oberen Ende mit abgedrehtem Konus, um welchen, wie Fig. 83



Figur 83.

zeigt, ein gewellter Kupferring ohne Lötnaht gelegt wird und alsdann in dem Boden des Kopfstückes *A* durch festes Eintreiben gedichtet werden. An ihrem unteren Ende sind die Sieveröhren *R* entweder zugeschweißt oder sonst mittelst einer Schraube verschlossen und wie das Mittelrohr *C*, lose in Löchern des Gußbockes *S* gelagert, wodurch also die Ausdehnung der Röhren durch die Wärme ohne jede Hemmung erfolgen kann, mithin die Haltbarkeit keineswegs beeinträchtigt, sogar von bedeutend längerer Dauer ist, wie bei allen übrigen Wasserröhrenkesseln. In jedem Sieverohr liegt ein engeres Rohr mit kleinen Ansätzen, um die Mitte zu halten, vorne vorragend, hinten abstehend, zur Bewirkung einer Wasserzirkulation in den Röhren.

Über dem Röhrensystem liegt der Dampf- und Wasserbehälter *G*, welcher mittelst des Stutzens *K* mit dem Kopfstück *A* verbunden ist. Der in dem Röhrensystem sich entwickelnde Dampf tritt zunächst in den Stutzen *K* und alsdann durch die Öffnungen *o* in den Dampf und Wasserbehälter. Der Wasserraum des Dampf- und Wasserbehälters steht also mit dem Kopfstücke *A*, der stets mit Wasser gefüllt ist, nicht in Verbindung. Die Zirkulation des Wassers geht also nur in dem Röhrensystem selbst vor sich, wie oben schon angedeutet, und da die Temperaturdifferenz der äußeren und inneren Röhren nur eine geringe sein kann, muß folgerecht auch die Zirkulation eine sehr ruhige und demzufolge das Mitreißen des Wassers mit dem Dampf ganz unbedeutend sein. Die Röhren zu dem Wasserstandszeiger müssen sich durch den Stutzen *K* hindurch bis in den Dampf- und Wasserbehälter erstrecken.

Aus dem Dampf- und Wasserbehälter *G* wird das Speisewasser durch das Rohr *E* in das mittlere weite Rohr *C* hinten eingeführt, gelangt hierdurch in das Kopfstück *A* und tritt dann durch die eingelegten engeren Röhren in die Sieveröhren *R* und von hier aus mit dem in demselben entwickelten Dampf wieder in das Kopfstück *A*, woselbst der Dampf sich alsdann vom Wasser trennt, indem er den Weg einnimmt wie oben erwähnt.

Der untere Teil des Dampf- und Wasserbehälters wird durch die strahlende Wärme des Feuers mäßig geheizt, und setzt sich an der tiefsten Stelle desselben schon ein Teil der Unreinlichkeit des Wassers ab und wird dort durch

einen Hahn entfernt. Der noch verbleibende Rest setzt sich in dem mittleren Rohre *C* ab und wird erfahrungsgemäß bei der schrägen Lage desselben da abgeworfen werden, wo der sich entwickelnde Dampf abgeht, also in dem Kopf *A*, und da dieser vom Feuer nicht berührt wird, dort keinen Schaden verursachen. Das so gereinigte Wasser tritt dann in die Siederöhren und wird hier der etwa noch verbliebene Rest der Unreinlichkeiten in gleicher Weise wie bei dem Rohr *C* in den Kopf *A* geworfen.

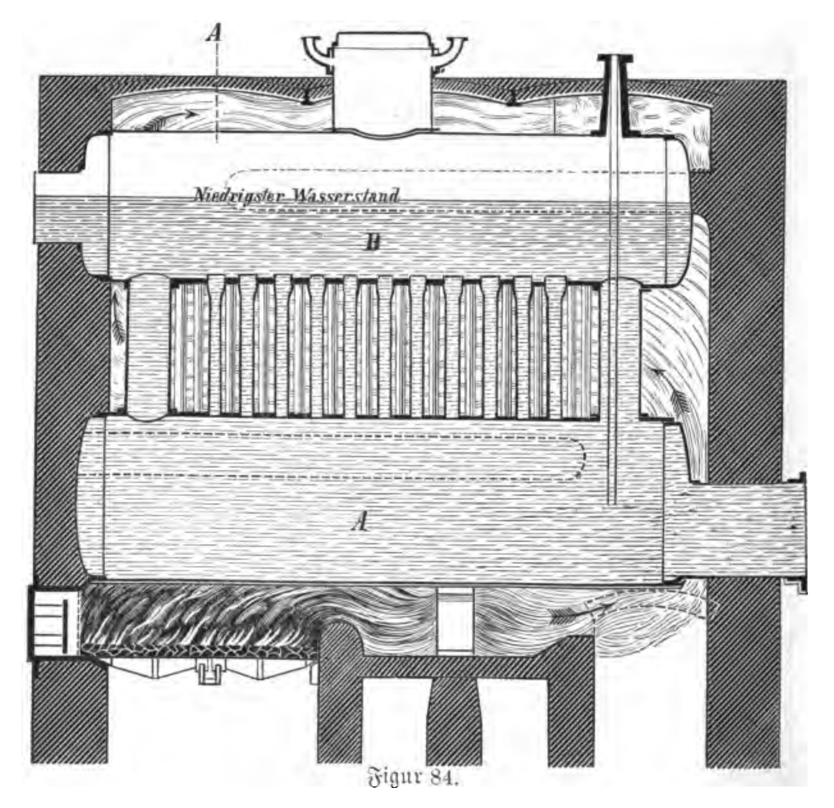
Das Rohr *E* geht bis in das vordere Ende des Oberkessels und kommt also dessen Öffnung mit dem etwa ablagernden Schlamm gar nicht in Berührung.

Endlich sei noch auf einen nicht zu unterschätzenden Vorteil aufmerksam zu machen, der darin besteht, daß bei diesem Wasserröhrenkessel die vielen lästigen Verdichtungen und Verschraubungen der Röhren untereinander ganz fortfallen.

Röhrenwalzenkessel. (D. R. P.) Prégardien, Deutz.

Figuren 84 und 85.

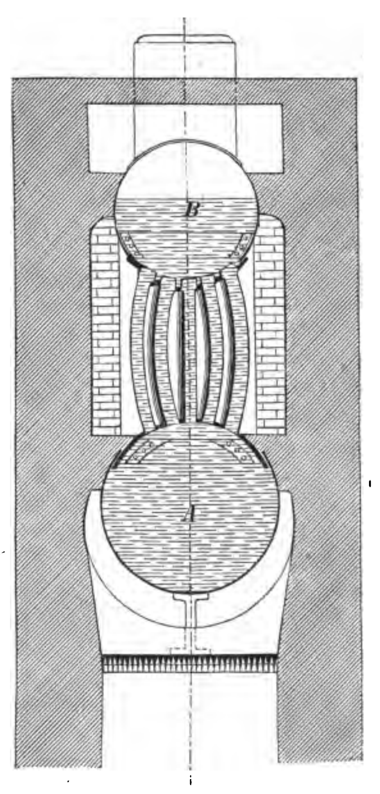
Das neueste und wohl das wesentlichste an diesem Kessel besteht in der Verbindung eines unteren Walzenkessels mit einem oberen mittelst Prégardien's



Figur 84.

Wasserröhren, und daß die Wasserröhren von den Heizgasen rechtwinkelig ge-

troffen werden und somit, wie bekannt, die Durchdringung der Wärme durch dieselben eine recht kräftige, daher die guten Leistungen, welche diese Kessel bereits aufzuweisen haben. Die Wasserzirkulation ist hierbei eine bedeutende und die sich in dem unteren Kessel bildenden Dampfbläschen finden sofort in den vielen Röhren einen Weg nach oben. Durch die vertikale Stellung der Röhren und die Zirkulation in denselben ist auch keine Tendenz zum Ansetzen von Kesselstein in diesen vorhanden, also ist die Hauptheizfläche stets ziemlich rein.



Figur 85.

Der Wasserraum ist zwar ziemlich groß bemessen und da der niedrigste Wasserstand über dem Niveau des zweiten Zuges liegt, so ist eine Explosionsgefahr infolge von Wassermangel so leicht nicht zu befürchten. Der dritte Feuerzug geht über den Dampfraum.

Im Übrigen ist der ganze Bau ein sehr einfacher und erfordert wenig Raum im Verhältnis zu seiner großen Heizfläche.

Auch können mittelst dieser Prégardien's-Röhren Flammrohrkessel und zwei nebeneinander liegende Siederkessel mit einem Oberkessel verbunden werden.

Von dem Oberingenieur des rheinischen Dampfkessel-Überwachungsvereins in Düsseldorf wurde mit einem dieser Kesselsysteme zwei Untersuchungen auf ihre Verdampfungsfähigkeit angestellt. Bei dem ersten Versuch wurde pro Kilo Kohle*) brutto 7,92 und netto 9,001 Kilo Wasser verdampft, bei einer Beanspruchung von 22,1 Kilo Wasser pro Quadratmeter Heizfläche und Stunde. Beim zweiten wurde pro Kilo Kohle brutto 7,4 und netto 9,02 Kilo Wasser verdampft, bei einer Beanspruchung von 26 Kilo Wasser pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche. Verbraunt wurden pro Stunde und Quadratmeter Heizfläche 2,78 beim ersten Versuch und 3,5 Kilo Kohlen beim zweiten, und pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche 77,3 beim ersten und 97,4 Kilo Kohlen beim zweiten Versuch.

Das übergerissene Wasser (Wassergehalt des Dampfes) betrug 1,18% und 1,62%. Weitere Angaben, die noch von Wichtigkeit sein könnten, fehlten in dem Berichte.

*) Leider ist in dem Bericht nicht angegeben was für Kohlen verwandt wurden.

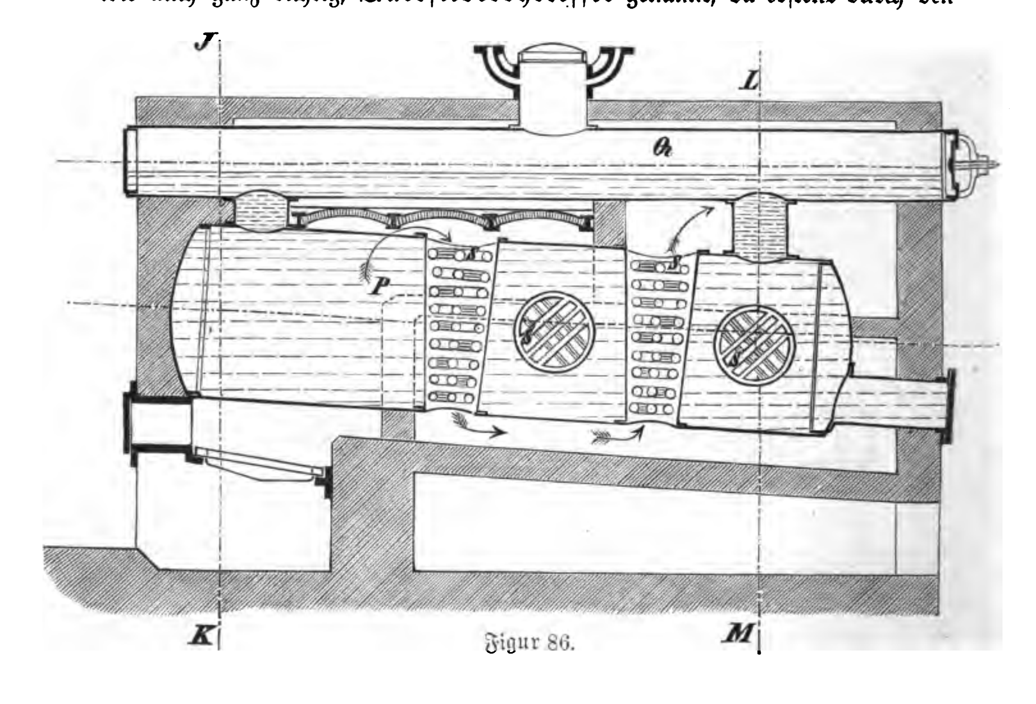
Tabelle LII.
Über Dimensionen dieser Kesselsysteme.

Heizfläche. □Met.	Durchmesser von A	Durchmesser von B	Länge A	Länge B	Siederohre Anzahl.	Siederohre Durchmesser.	Siederohre Höhe.	Dom Höhe.	Dom Durchmesser.	Mauerwerk Länge.	Mauerwerk Breite.	Atmosph. Überdruck.
25	1000	1000	3600	3000	76	65	900	750	750	4000	2200	5
30	"	"	4050	3450	95	"	"	"	"	4450	"	"
35	"	"	4500	3900	111	"	"	"	"	4900	"	"
40	"	"	4950	4350	129	"	"	"	"	5350	"	"
45	1100	1100	5400	4800	147	"	"	"	"	5800	"	"
50	"	"	5850	5250	165	"	"	"	"	6250	"	"
55	"	"	6300	5700	183	"	"	"	"	6700	"	"
60	"	"	6750	6150	201	"	"	"	"	7150	"	"
65	"	"	7200	6600	219	"	"	"	"	7600	"	"
70	"	"	7650	7050	237	"	"	"	"	8050	"	"
75	"	"	8100	7500	255	"	"	"	"	8500	"	"
80	"	"	8550	7950	273	"	"	"	"	8950	"	"
85	"	"	9000	8400	291	"	"	"	"	9400	"	"
90	"	"	9450	8850	309	"	"	"	"	9850	"	"
95	"	"	9900	9300	327	"	"	"	"	10 300	"	"
100	"	"	10 350	9750	345	"	"	"	"	10 750	"	"

Querröhrenkessel. (D. R. P.) L. Gobiet, Düsseldorf-Oberbilk.

Figuren 86 bis 91.

Der in Figur 86 und 87 dargestellte Kessel wird von dem Erfinder, wie auch ganz richtig, Quersiederohrkessel genannt, da erstens durch den

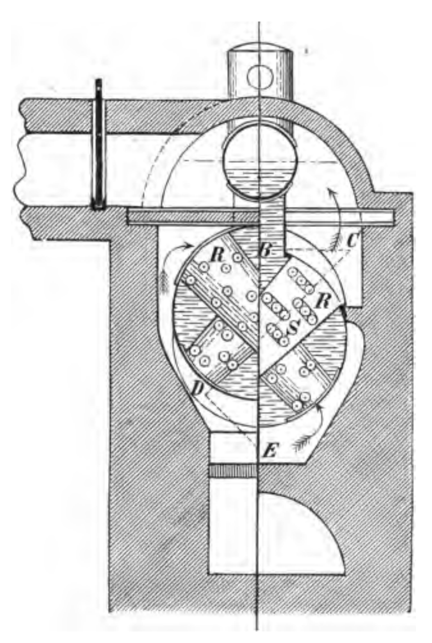


Figur 86.

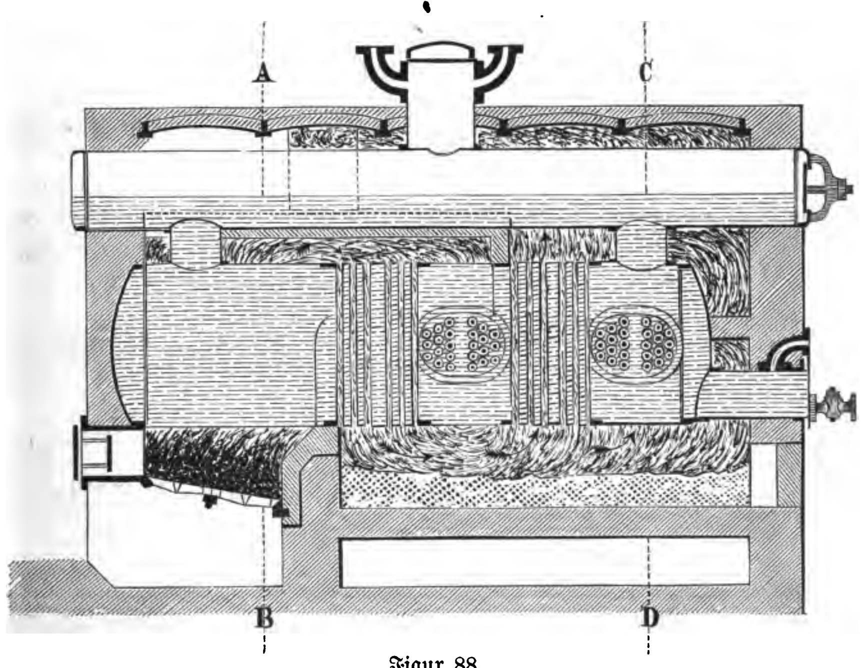
Unterkessel die Rauchrohre (Flammrohre) quer durchgehen und durch letzteren wiederum die Siederöhren (Wasserröhren) quer durchgehen und da diese von den Heizgasen rechtwinkelig bestrichen werden, so ist die Ausnutzung der Wärme an diesen Stellen eine recht günstige und auf den größten Teil des Unterkessels an vier oder sechs Stellen, je nach dem die Länge des Kessels, also gleichmäßig, verteilt. Eine Wasserzirkulation wird sowohl durch die oben erwähnten Siederöhren als auch durch die schräge Lage des Unterkessels in entsprechender Verbindung mit dem Oberkessel bewirkt.

Die Heizgase machen den Weg, wie die Pfeile in Figur 86 und 87 andeuten.

Die durch die Flammröhren führenden Wasserröhren können schraubenförmig oder auch in abwechselnden Schichten, wie letzteres in vorliegender Konstruktion geschehen, sich kreuzen und in jeder Schicht parallel zu einander eingesetzt werden. Die konischen Rauchröhren werden so eingesetzt, daß die Gase



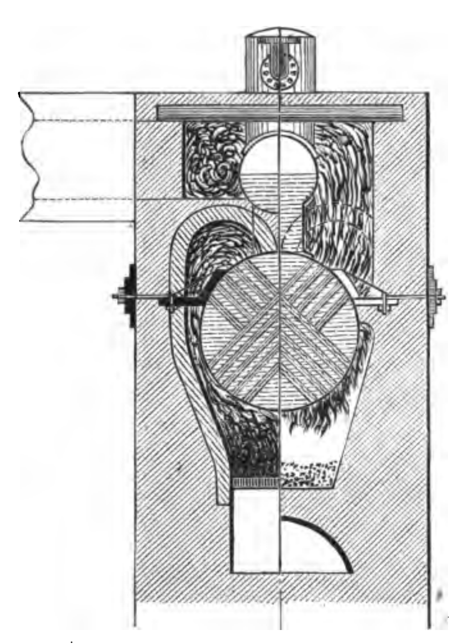
Figur 87.



Figur 88.

an die Flanschen derselben nicht anstoßen, also ein Zerstören derselben dadurch vermieden.

Der in Figur 88 und 89 dargestellte Kessel wird von dem Erfinder Kreuzsiederohrkessel genannt. Da aber hierbei die Heizgase durch die Querröhren ziehen, so müssen wir zum Unterschiede derjenigen Röhren, in welchen sich Wasser befindet und allgemein Wasserröhren oder Siederöhren genannt werden, wie oben geschehen, die Röhren in diesen Kessel doch Heizröhren und demzufolge es richtiger sei, den qu. Kessel: Kreuzheizröhren- oder Querheizröhrenkessel zu nennen.



Figur 89.

Die Ausnutzung der Wärme durch diese Querheizröhren ist jedoch nicht so günstig wie bei den Quersiederöhren in dem in Fig. 86 und 87 dargestellten Kessel. Die Führung der Heizgase ist hier ebenfalls durch die Pfeile angedeutet. Für die horizontal liegenden Querheizröhren muß natürlich Vorrichtung getroffen sein, um diese hin und wieder von der Flugasche reinigen zu können.

Der Wasserinhalt ist in beiden Kesseln, selbst für den variabelsten Betrieb, hinreichend und da derselbe durch die quer durchgehenden Röhren zum größten Teil ihrer Länge gleichmäßig in dünneren Schichten gehalten wird, so geht die Durchdringung der Wärme durch dieselben recht leicht und schnell von Statten; ein Hauptvorteil dieser Kessel.

Ein Überhitzen der Kesselbleche ist nicht zu befürchten, da der niedrigste Wasserstand über dem Niveau des letzten Feuerzuges im Dampfsammler liegt und die Gase, bevor sie den Dampfsammler bestreichen, abgekühlt sind.

Tabelle LIII.

Über die Dimensionen der Quersiederöhrenkessel bei 5 Atm. Arbeitsdruck.

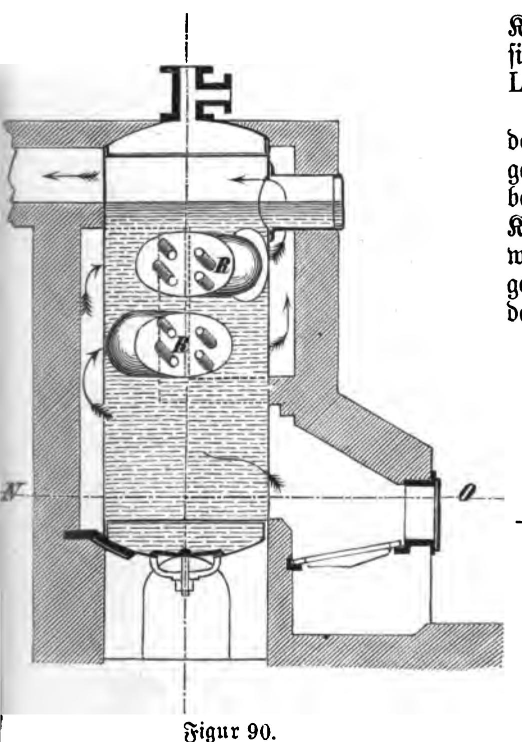
Nummer.	Heizfläche minimal: im Wasserraum. Qu.-Met.	Heizfläche minimal: Wasser- und Dampfraum. Qu.-Meter.	Durchmesser des Hauptkessels Millimet.	Durchmesser des Oberkessels resp. Dampfsammlers. Millimeter.	Länge des Hauptkessels. Millimeter.	Länge des Oberkessels resp. Dampfsammlers. Millimeter.	Anzahl der Rauchröhren.	Mittl. Durchmesser der Rauchröhren. Millimet.	Zahl der Wasserröhren.	Durchmesser der Wasserröhren. Millimeter.	Gewicht der Kessel zirka Kilogr.
1	20	25	1000	600	4500	5875	4	400	32	50	2920
	23	28	„	„	„	„	„	„	64	„	2970
2	25	30	1100	650	4875	6250	„	450	36	„	3530
	28	33	„	„	„	„	„	„	72	„	3590
3	31	35	1200	„	„	6375	„	„	80	„	4070
4	36	43	„	„	6375	7875	6	„	60	„	5080
	40	47	„	„	„	„	„	„	120	„	5180

Nummer.	Heizfläche minimal im Wasserraum. Qu.-Met.	Heizfläche minimal Wasser- und Dampfraum. Qu.-Meter.	Durchmesser des Hauptkessels. Millimet.	Durchmesser des Oberkessels resp. Dampfsammlers. Millimeter.	Länge des Hauptkessels. Millimeter.	Länge des Oberkessels resp. Dampfsammlers. Millimeter.	Anzahl der Rauchröhren.	Mittl. Durchmesser der Rauchröhren. Millimet.	Zahl der Wasserröhren.	Durchmesser der Wasserröhren. Millimeter.	Gewicht der Kessel zirka Kilogr.
5	36	42	1400	700	5375	7075	4	500	48	50	5060
	41	47	"	"	"	"	"	"	96	"	5180
6	47	53	"	"	7000	8625	6	"	72	60	6800
	50	56	"	"	"	"	"	"	96	"	6900
7	52	58	1600	800	5800	7625	4	600	80	76	7190
	54	60	"	"	"	"	"	"	96	"	7260
8	65	74	"	"	7570	9360	6	"	96	"	9100
	72	81	"	"	"	"	"	"	144	"	9310
9	60	69	1800	900	6125	8050	4	650	72	"	8597
	66	75	"	"	"	"	"	"	112	"	8790
10	75	87	"	"	7970	9600	6	"	72	"	10 911
	85	97	"	"	"	"	"	"	132	"	11 186
11	80	92	2000	1000	6400	8500	4	725	120	"	11 670
12	94	107	"	"	8500	10 500	6	"	90	"	14 562
	100	113	"	"	"	"	"	"	120	"	14 740
	110	123	"	"	"	"	"	"	180	"	15 021

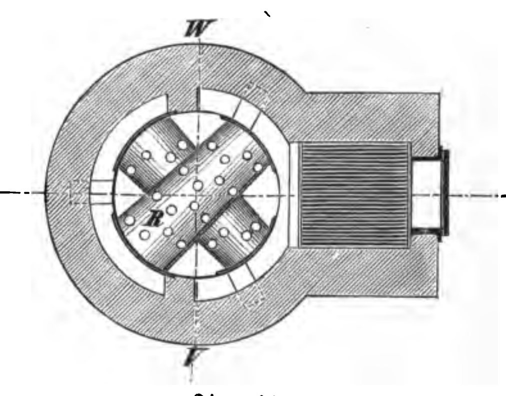
NB. Die Länge des Oberkessels resp. Dampfsammlers bedingt die Länge des Kesselmauerwerks.

In Figur 90 und 91 ist ein stehender Kessel mit konischen Rauch- und Quersiederöhren dargestellt; ebenfalls Patent L. Gobiet.

Durch die Anordnung der sich kreuzenden Flamm- und Wasserröhren wird der ganze, sowohl bei dem stehenden als auch bei dem in Fig. 86 und 87 dargestellten Kessel, sowie speziell die Flammröhren, welche auf äußeren Druck in Anspruch genommen sind, wesentlich versteift und dadurch eine große Festigkeit erreicht.



Figur 90.



Figur 91.

Tabelle LIV.

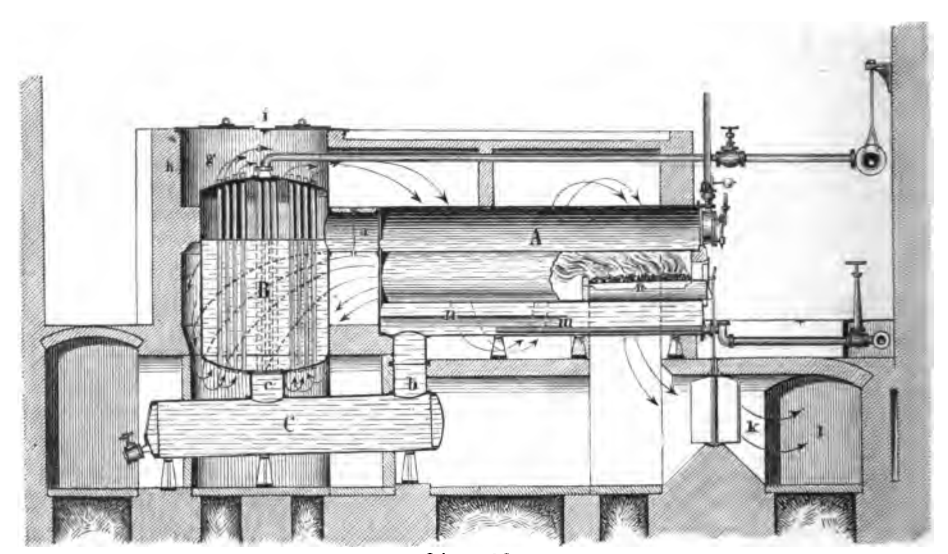
Über die Dimensionen des Kessels, Figuren 90 und 91, zu 6 Atm. Arbeitsdruck.

Nummer.	Pferdekraft.	Heizfläche minimal im Wasserraum. Qu.-Met.	Heizfläche minimal im Wasser- und Dampfraum. Qu.-Met.	Durchmesser des Kessels. Millimet.	Länge des Kessels ohne Dom. Millimet.	Zahl der Rauchröhren.	Mittlerer Durchmesser der Rauchröhren. Millimet.	Zahl der Wasserröhren.	Durchmesser der Wasserröhren. Millimet.	Gewicht der Kessel. Kilo.
1	3—4	6	7	825	1850	2	300	36	50	800
2	4—5	8	9	900	2100	〃	360	〃	〃	956
3	6—7	10	11	1000	2600	〃	〃	32	60	1253
4	8	12	13,5	1100	2640	〃	400	40	〃	1500
5	9—10	14	15,6	1200	2800	〃	〃	48	〃	1730
6	10	15	16,5	〃	3000	〃	〃	〃	〃	1800

Kombinierter Flammrohr- und Röhrenkessel. (D. R. P.) A. Leineweber & Komp., Gleiwitz.

Figur 92.

Es ist dieser Kessel eine Modifikation des Dupuis'schen Kesselsystems und scheint dieselbe so ziemlich mit Glück begleitet gewesen zu sein. Während bei dem Dupuis'schen Kessel der Rauchröhrenkessel mit einem sog. Walzen-



Figur 92.

kessel direkt verbunden ist, ist bei dem Leinwer'schen der Rauchröhrenkessel *B* mit einem Flammrohrkessel *A*, und zwar mit einem Rohre *a* in der Höhe des mittleren Wasserstandes verbunden; außerdem sind diese beiden Hauptteile unterwärts noch durch zwei Rohre *b* und *c* mittelst eines kleinen zylindrischen

Unterkessels *C* in Verbindung gebracht. Die Einmauerung dieser Teile ist derart, daß die von dem Roste ausgehenden Feuergase zunächst durch die Flammrohre ziehen, darauf den unteren Teil der Außenfläche des vertikalen Röhrenkessels umspült, sich hier durch den zwischen dem Mauerwerk gebildeten Zwischenraum nach unten ziehen und alsdann durch die engen Heizrohre aufwärts in die Rauchkammer *g* steigen, welche aus dem ringförmigen Mauerwerk *h* gebildet, oben durch einen Blechdeckel *i* geschlossen ist. Von hieraus können die Rauchgase entweder, wie bei den Dupuys-Kessel, direkt in den Schornstein, oder wie die Figur 92 zeigt, in ziemlich normaler Richtung um den Mantel des Flammrohrkessels und alsdann in den Fuchskanal *l* geführt werden.

Das Speisewasser wird an der tiefsten Stelle des Flammrohrkessels mittelst eines an der Stirnwand desselben angebrachten Rückschlagventils und des in den Kessel hineinreichenden Rohres *m* eingeführt. Über der Mündung dieses Rohres ist ein vom Hinterboden bis etwa zur Mitte des Kessels reichendes bogenförmiges Blech *n* angeordnet, wodurch die sofortige Mischung des wärmeren Kesselwassers mit dem kälteren Speisewasser verhindert, dasselbe vielmehr veranlaßt wird, vermöge seiner größeren spezifischen Schwere in den Unterkessel *C* zu sinken, indem derselbe durch den Stoß des eintretenden Speisewassers unter dem bogenförmigen Bleche nach hinten dem Verbindungsrohre *b* zugetrieben wird.

Der Dampf wird, wie bei dem Dupuys'schen Kessel, an der höchsten Stelle des oberen Bodens des Röhrenkessels entnommen und da der Dampfraum des Flammrohrkessels noch erwärmt wird und die mit dem Dampfe mitgerissenen Wasserteilchen beim Durchstreichen der Räume zwischen den durch Dampfraum hindurch gehenden Heizröhren noch verdampft werden, so wird der Dampf von hoher Trockenheit sein.

Da der Unterkessel *C* nicht mehr direkt vom Feuer bespült, auch bald durch Flugasche belegt sein wird, so werden in demselben nur geringe durch Dampfbildung erzeugte Wallungen stattfinden können; es wird sich daher der Schlamm aus dem Kesselwasser abscheiden und ablagern und mittelst eines am Boden des Unterkessels angebrachten Ventiles von Zeit zu Zeit abgelassen werden können.

Kombinierter vertikaler Röhrendampfkessel. (D. R. P.) F. Weigel, Neiße.

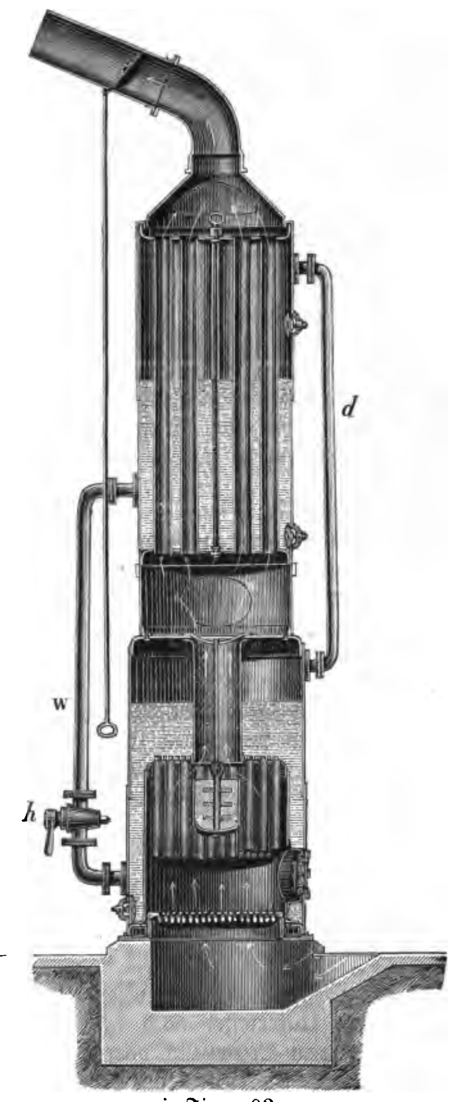
Figur 93.

Der in Figur 93 dargestellte Röhrendampfkessel besteht aus drei Hauptteilen, und zwar aus einem Unterkessel nach dem System der Field'schen Röhrenkessel konstruiert; aus dem Mittelstück oder die Reinigskammer, welche die Verbindung des Ober- mit dem Unterkessel vermittelt, ist besteigbar und dient zur Reinigung, wie auch zum Einziehen von Röhren des Oberkessels, falls dies erforderlich wird. Ferner aus einem Oberkessel, welcher in seinem Innern mit Feuerröhren von zirka 100 Millimeter Durchmesser versehen ist.

Die Dampfräume des Unter- und Oberkessels sind durch das Rohr *d* miteinander verbunden, sodaß beide eigentlich nur einen großen Dampfraum bilden.

Die Speisung erfolgt nur nach dem Oberkessel; aus diesem wird das vorrätige zugespeiste und erhitzte Wasser vermittelst eines Verbindungsrohres

w, welches mit einem Absperrhahn *h* versehen ist, je nach Bedarf in den Unterkessel gelassen, sodaß die Speisung des letzteren ohne Einrücken der Pumpe u. s. w. vor sich geht.



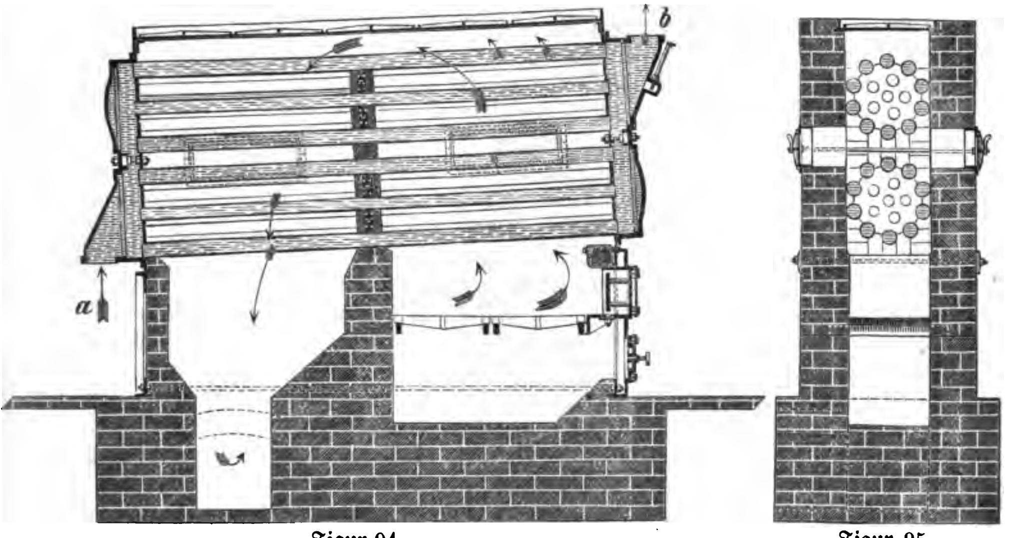
Figur 93.

Kessel für Warmwasserheizungen. (D. R. P.) Heine, Berlin.

Figur 94 und 95.

Der Kessel steht bei *a* mit dem Rückfallrohr und bei *b* mit dem Aufsteigrohr der Warmwasserheizungsröhre in Verbindung und um die Zirkulation

des Wassers etwas zu begünstigen, ist der Kessel ein wenig geneigt gelegt, und da die Heizgase die Röhren nahezu rechtwinkelig und gleichmäßig verteilt berühren, so gestaltet sich die Heizfläche des Kessels hinsichtlich ihrer



Figur 94. Figur 95.

Leistungsfähigkeit pro Flächeneinheit günstiger als bei jedem anderen Kessel-System.

Alle Verbindungsstellen des Kessels sind der Einwirkung des Feuers vollständig entzogen und sind für die Besichtigung freigelegt und zugänglich.

Dimensionen dieses Kessels:

	Kleines Modell.					Großes Modell.				
Nummer des Kessels:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Feuerberührte Fläche in Quadratmeter	2,67	6,82	7,99	9,14	10,29	11,07	12,94	14,81	16,68	18,50
Länge der Röhren in Millimeter	1270	1520	1770	2020	2270	1520	1770	2020	2270	2820
Lichte Weite zwischen den Längswänden in Millimeter	380	380	380	380	380	470	470	470	470	470
Breite des Kessels inkl. Mauerwerk in Millimeter	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Rostfläche in Quadratmeter .	0,16	0,18	0,20	0,23	0,27	0,27	0,32	0,36	0,40	0,45
Rostlänge in Millimeter . .	350	400	450	500	600	600	700	800	900	1000
Gewicht in Kilo zirka	975	1030	1100	1160	1220	1330	1420	1530	1630	1670

Der Cornwall- und der Siederkessel.

(Feuerung unter dem Unterkessel).

Unter dieser Überschrift bringt der Chef-Ingenieur des Bergischen Dampfkessel-Revisionsvereines in dem Geschäftsbericht von 1877 des genannten Vereins die nachstehende höchst beachtenswerte Besprechung der genannten Kessel, welche wir, da die Sache selbst von großer Wichtigkeit ist, und jetzthin noch eine sehr wichtige Rolle spielt, unverkürzt hier wiedergeben:

„Die vielfach aufgestellten Behauptungen, daß der Siederkessel einem veralteten Systeme angehöre, veranlassen mich, denselben an dieser Stelle mit dem Cornwallkessel, der als König der Dampfkessel fast überall angesehen wird, nach mehreren Seiten hin zu vergleichen, da ich diese Ansichten über die beiden Kesselsysteme nicht teilen kann, vielmehr glaube, daß der Zweiflammrohrkessel manche Mängel nicht besitzen dürfe, um König der Dampfkessel zu sein, daß andererseits der Siederkessel mit weit mehr Fehlern behaftet sein müsse, um mit Recht auf den Aussterbeetat gesetzt werden zu können, wohin meiner Meinung nach viel eher der Einflammrohrkessel gehörte.

In der festen Hoffnung, daß dieser Letzte nicht wieder in erneuerter Auflage hier auftaucht, ziehe ich in Folgendem nur den Zweiflammrohrkessel in Betracht, dem ich das Recht seiner Existenz völlig einräume, aber nicht mehr wie dem Siederkessel, dem man dieses Recht von anderer Seite abspricht.

Nachdem ich so in wenigen Worten meine persönliche Stellung zur angeregten Frage gekennzeichnet habe, glaube ich wohl in nachstehendem unparteiisch die Vor- und Nachteile beider Kesselsysteme beleuchten zu können, weil mir der Wert beider Konstruktionen nahezu gleich, den Gegnern meiner Ansicht aber so gewaltig ungleich erscheint. — Zwei Kesselsysteme werden für die Praxis im allgemeinen gleichen Wert besitzen, wenn sie in bezug auf gesicherten und ökonomischen Betrieb gleichen gerechtfertigten Anforderungen in gleichem Maße genügen, d. h. man darf von den Großwasserraumkesseln nicht die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Kleinwasserraumkessel verlangen, und umgekehrt. Im vorliegenden Falle haben wir es mit zwei Kesselsystemen gleichen Charakters zu thun, dürfen mithin auch gleiche Anforderungen stellen.

Abgesehen von reinen Konstruktionsfehlern, wozu man, beispielsweise, ovale Flammrohre rechnen müßte, hängt die Sicherheit eines Kessels von seiner Konstruktion wesentlich in folgenden Punkten ab.

Ein komplizierter, mit vielen Schwierigkeiten praktisch herzustellender Kessel wird im allgemeinen gefährlicher sein, als ein einfacher, praktisch leicht auszuführender, wobei noch zu bemerken ist, daß auch die Dimensionen des Kessels von Einfluß auf die Sicherheit sind.

Ferner muß bei der Konstruktion Rücksicht genommen sein auf die verschiedenartigen Ausdehnungen der einzelnen Kesselteile. Je freier diese sind, um so geringer die Spannungen im Blech, um so größer die Sicherheit.

Weiter wird man wohl mit Recht die Konstruktion bezüglich der Sicherheit vorziehen können, welche so gewählt ist, daß eine Nachlässigkeit oder ein Versehen in der Wartung, speziell der Speisung, von geringen Folgen ist.

Der ökonomische Betrieb hängt allerdings wesentlich vom Effekt des Kessels ab, aber nicht allein vom Effekt, sondern auch von dem Umstande, ob die gewählte Konstruktion für den betreffenden Betrieb passend ist. Diesen Punkt haben wir im vorliegenden Falle weniger zu berücksichtigen, dagegen

dennoch zu betonen, daß von zwei Kesseln gleichen Effekts derjenige der rentabelste ist, dessen Anlagekapital am geringsten ist.

Hinsichtlich dieser angeführten Hauptpunkte wollen wir nun die beiden Kesselsysteme, Zweiflammrohr- und Siederkessel, vergleichend betrachten.

Beide Kesselsysteme als Kombinationen von mehreren Zylindern aufgefaßt, stoßen wir beim Zweiflammrohrkessel schon in der Herstellung dieser einzelnen Zylinder auf praktische Schwierigkeiten, die beim Siederkessel wegfallen. Der äußere Zylinder bedingt durch seinen notwendig großen Durchmesser sehr starke Bleche, die nicht nur die Möglichkeit ungenauer Arbeit, sondern auch die Möglichkeit der Fehlerhaftigkeit des Materials vergrößern. Die inneren Zylinder, die Flammrohre, verursachen dadurch in der Herstellung größere Schwierigkeiten, weil sie auf möglichst kreisrunden Querschnitt gearbeitet sein müssen, da sie auf Druck von Außen nach Innen in Anspruch genommen werden. Von welcher Wichtigkeit diese verschiedene Inanspruchnahme gerade auf die Sicherheit des Kessels ist, geht aus den Fairbairn'schen Versuchen hervor, wonach ein Kessel von 1,88 Durchmesser und 10 Meter Länge bei 9,5 Millimeter Blechstärke wahrscheinlich bei 22 Atmosphären reißen, ein Flammrohr von zirka 1 Meter Durchmesser und 10 Meter Länge bei 9,5 Millimeter Stärke schon bei 6 3/5 Atmosphäre zusammengepreßt werden wird, selbst wenn es kreisrund ist. Diese Bedingung kann in der Praxis nicht erfüllt werden, wodurch also die Gefahr des Zusammendrückens noch erhöht wird. In richtiger Würdigung dieses Umstandes verstärkt man jetzt allgemein die Flammrohre durch umgelegte Ringe, wodurch die Sicherheit bedeutend erhöht wird, wenn anders der Zwischenraum zwischen diesen und dem Flammrohr frei von Kesselstein bleibt. Immerhin beweist aber diese notwendige Nebenkonstruktion, daß die Konstruktion des Kessels an und für sich mangelhaft ist. Das Sprüchwort sagt richtig: „Die Verstärkung einer Konstruktion ist ihr schwächster Punkt.“ Dasselbe ist von den Kopfplatten zu sagen. Bis jetzt noch auf die Notwendigkeit angewiesen, bei Cornwallkesseln gerade Kopfplatten verwenden zu müssen, steht der Benutzung von gekümpelten beim Siederkessel nichts im Wege, kann also auch hier die notwendige Nebenkonstruktion, Verankerung der Kopfplatten, vollständig entbehren.

Beim Cornwallkessel sind die Kopfplatten zugleich die Verbindungsteile der einzelnen Zylinder, während beim Siederkessel besondere Verbindungsrohre erforderlich sind. Gewiß machen diese Rohre viele Arbeit, verlangen sorgfältige Arbeit und vorzügliches Material, dem gegenüber steht aber beim Cornwallkessel die große Schwierigkeit in der Verbindung der Kopfplatte mit Mantel und Flammrohre durch Krempen oder Winkelringe. Soviel über die Herstellung der beiden Kesselsysteme, die also ungünstig für den Cornwallkessel ist.

Betrachten wir nun die beiden Kesselkonstruktionen, wie sie sich unter Einfluß der Erhitzung, also im Betrieb, verhalten, so möchte ich die Bemerkung vorausschicken, daß bis jetzt noch kein Kessel existiert, dessen einzelne Teile gleich stark unter dem Einfluß der Wärme stehen, daß Temperaturdifferenzen in den einzelnen Teilen notwendig vorhanden sein müssen. Es wird mithin derjenige Kessel als der beste zu bezeichnen sein, bei welchem diese Temperaturdifferenzen am geringsten sind resp. bei welchem diese Differenzen infolge der darauf hin gewählten Konstruktion am wenigsten schädlichen Einfluß haben.

Beim Cornwallkessel haben wir Innenfeuerung, d. h. die erste, beträchtliche Wärme der Heizgase wird *nur* an die Flammrohre abgegeben, während

beim Siederkessel ein Teil dieser Wärme vom Mauerwerk aufgenommen wird. Dieser Umstand, der für den Effekt des Flammrohrkessels ja von günstigem Einfluß ist, bedingt aber auch, daß die Flammrohre stärker erwärmt werden, als die Sieder. Haben die Heizgase die Flammrohre verlassen, so bestreichen sie die für die Wärmeabgabe ungünstigen, weil sehr dicken Mantelbleche, während beim anderen System der Oberkessel viel dünnere, für Wärmeabgabe günstigere Bleche hat; es wird somit die Differenz in den Temperaturen der Flammrohre und Mantel einerseits größer sein als die der Sieder- und Oberkessel andererseits, folglich auch die Längenausdehnung der Flammrohre gegen den Mantel sich bedeutender erweisen als die der Sieder gegen den Oberkessel. Berücksichtigt man ferner, daß das Plus der Ausdehnung der Flammrohre gegen den Mantel direkt auf die Kopfplatte oder auf die Krempen der einzelnen Flammrohrschüsse, der Plus der Ausdehnung der Sieder gegen den Oberkessel aber von den Verbindungsrohren aufgenommen wird, deren Länge nicht beschränkt ist, so muß zugegeben werden, daß auch in diesem zweiten Punkte die Konstruktion des Cornwallkessels hinter der des Siederkessels zurückbleibt. Man wirft dem letzteren System vor, daß sich die Flugasche oben auf die Sieder lagert, wodurch also eine geringere Erwärmung des oberen Teiles derselben gegen den unteren, und folglich ein Werfen der Sieder stattfindet. In den wenigen Fällen, wo ich ein Durchbiegen der Sieder konstatierte, war stets eine mangelhafte Unterstützung derselben Schuld daran; den Vorwurf an und für sich halte ich für gerechtfertigt, aber für noch mehr gerechtfertigt beim Cornwallkessel, dessen Flammrohre in dem unteren Drittel ihres Umfangs gar nicht von den Heizgasen berührt werden, zudem auch reichlich mit Flugasche belegt, unter dem Rost sogar direkt dem Einfluß der kalten Luft ausgesetzt sind. Beim Siederkessel wird infolge der physikalischen Eigenschaft der Heizgase, sich „Oben“ aufzuhalten, die mit Flugasche belegte Heizfläche der Sieder immer noch stärker erwärmt werden, als das untere Drittel der Flammrohre beim Cornwallkessel.

Als dritten für die Sicherheit maßgebenden Punkt stellte ich den Satz auf, daß man mit Recht diejenige Konstruktion vorziehen darf, die so gewählt ist, daß ein Versehen oder eine Nachlässigkeit in der Wartung speziell der Speisung von geringen Folgen ist. Dieser Punkt wird von vielen als sehr nebensächlich angesehen, weil ein solches Vergehen oder Versehen nicht vorkommen dürfe. Für die Praxis hat diese philosophische Klügelei absolut keinen Wert, da die Erfahrung lehrt, daß trotz der vielen zur Disposition stehenden und auch thatsächlich vorhandenen Sicherheitsvorrichtungen, solche Nachlässigkeiten leider noch zu häufig zu verzeichnen sind. So lange man der schlimmen Ansicht treu bleibt, daß jeder Hofarbeiter, der die Asche wegholt, jeder Fuhrknecht, der die Kohlen anfährt, auch ohne vorherige Anleitung vollständig fähig sei, den Kessel zu bedienen, so lange wird für mich obiger Punkt im praktischen Kesselbetrieb eine Hauptrolle spielen. Es bedarf wohl kaum der weiteren Auseinandersetzung, daß beim Sinken des Wassers von einigen Zentimetern unter den niedrigsten Wasserstand im Cornwallkessel die Gefahr eines verhängnisvollen Schadhaftwerdens der Flammrohre sehr groß wird, während beim Siederkessel das gleiche Verfahren ohne jegliche Folgen bleiben dürfte, weil die Heizgase schon stark abgekühlt sind, wenn sie den Oberkessel berühren, mithin ein Erglühen des Blechs höchst unwahrscheinlich ist.

Der Siederkessel wird nach einer anderen Seite hin für gefährlich gehalten; man behauptet, daß die in den Siedern entwickelten Dämpfe nur sehr

schwer nach dem Oberkessel gelangen können, was thatsächlich schon zu Explosionen geführt habe, wie die in der mechanischen Weberei am Fichtelbach zu Augsburg im Jahre 1872. Der sehr interessante Bericht*) des Herrn Walther über diese Katastrophe läßt allerdings wohl kaum einen Zweifel darüber aufkommen, daß die Ursache der Explosion auf sehr erschwerten Abzug der Dämpfe aus dem Sieder nach dem Oberkessel zurückzuführen sei. Der Bericht zeigt aber auch ferner recht deutlich, daß dieser erschwerte Abzug nur durch die unrichtige Lage und den nicht genügenden Querschnitt der Verbindungsrohre verursacht war, Fehler, die der Konstruktion, aber nicht dem System zur Last zu legen sind; denn es steht nichts im Wege, die Verbindungsrohre da anzubringen, wo sie hingehören, ihren Querschnitt so zu bemessen, daß der Dampf mühelos in den Oberkessel gelangen kann.

Ebenso unstichhaltig sind die weiteren Vorwürfe, die gegen das System gemacht werden, daß die Sieder nicht befahren und gereinigt werden können, und daß die Feuerplatten leicht durchbrennen. Auch ich bin kein Verehrer der hierher verpflanzten Konstruktion dieses Kesselsystems, weil sie für die hiesigen Verhältnisse nicht passend ist. Es steht aber auch nichts im Wege, die Durchmesser der Sieder größer zu wählen, statt drei nur zwei zu nehmen und ihnen den Fall nach „hinten“ statt nach „vorne“ zu geben.

Es dürfte somit zugegeben werden, daß in den 3 Punkten, welche als maßgebend auf die Sicherheit eines Kesselsystems aufgestellt wurden, der Siederkessel über dem Cornwallkessel steht. Was den letzteren trotzdem zu einer solchen Blüte gebracht hat, ist der Standpunkt der heutigen Kesselfabrikation, welche alle praktischen Schwierigkeiten in der Herstellung überwindet, ist die Vorliebe, dessen sich dieses System von Seiten der Kesseltechniker in Verbesserung seiner Konstruktion namentlich zu erfreuen hatte, ist weiter der Effekt desselben, welcher aber meiner Meinung nach ebenso sehr überschätzt, wie der des Siederkessels unterschätzt wird.

Diese meine Ansicht zu beweisen, muß ich zu fremdem Hülfsmaterial greifen und erlaube mir Ihnen einen Auszug aus den Resulten der mit vieler Sorgfalt, ja peinlicher Genauigkeit von der Soziété industrielle in Mühlhausen im Jahre 1875 angestellten, vergleichenden Verdampfungs-Versuche zwischen einem Zweiflammrohr- und Dreisiederkessel zu geben. Was bei diesen Versuchen namentlich hervorzuheben ist, ist der günstige Umstand, daß die beiden zu vergleichenden Kessel nahezu gleiche Heizfläche, gleiche Rostfläche und gleichen Wasserraum hatten, wie nachstehende Tabelle zeigt.

	Cornwallkessel.			Siederkessel.	
Länge	7,85	Meter		9,00	Meter
			Sieder	10,00	„
Durchmesser	2,00	„		1,14	„
Flammrohre	0,700	„	Sieder	0,500	„
Heizfläche	56,901	„		56,446	„
Rostfläche	1,908	„		1,863	„
Kubikinhalt des ganzen Kessels	18,056	„		15,041	„
Wasserraum	11,682	„		11,557	„
Dampfraum	6,374	„		3,484	„
Heizfläche pro Kubikmet. Wasser	4,87	„		4,88	„

*) Siehe Thielmann's Handbuch über vollständige Dampfkessel-Anlagen. I. Band.

		Cornwallkessel.		Siederkessel.
Blechstärken:	Mantel . .	16 Millimeter	Oberkessel	12,5 Millimeter
	Flammrohre .	13 „	Sieder	10 „
	Kopfplatten .	19 „		14 „
Gewicht des Kessels inkl. Garnitur		16 600 Kilo		14 500 Kilo
Gewicht pro Quadratmeter Heizfläche		292 „		257 „
Preis des Kessels	Mülhauser Angabe.	11 269 Meter		8848 Meter
„ der Einmauerung		2240 „		2400 „
	Summa	13 509 Meter		11 248 Meter.
Erforderliche Grundfläche .		30 Quadratmeter		27 Quadratmeter.
	Länge	8,980 Meter		10,2 Meter
	Breite	3,84 „		2,64 „

Die Versuche wurden an jedem Kessel eine Woche lang durchgeführt und ergaben folgende Mittelwerte:

	Cornwallkessel.	Siederkessel.
Pro Tag verbrauchte Kohle, brutto	1897	2015
„ „ „ „ netto	1651	1732
Verdampftes Wasser	13 926	14 220
„ „ per Kilo Kohle, brutto . . .	7,34	7,06
„ „ „ „ „ netto . . .	8,53	8,21
Temperatur der abziehenden Gase	290° C.	295° C.

Aus jeder Woche drei Versuchstage herausgenommen, an welchen in Summa nahezu gleich viel Wasser mit jedem Kessel verdampft wurde, stellen sich im Mittel die Werte folgendermaßen:

	Cornwallkessel.	Siederkessel.
Pro Tag verbrannte Kohle, brutto	1940	1947
„ „ „ „ netto	1670	1676
Pro Tag verdampftes Wasser	14 134	14 192
Verdampftes Wasser per Kilo Kohle, brutto . .	7,25	7,29
„ „ „ „ „ netto . . .	8,47	8,37
Temperatur der abziehenden Gase	308,3° C.	299,7° C.

Aus diesen Resultaten erhellt zur Genüge, daß der Siederkessel an Effekt dem Cornwallkessel nicht sehr nachsteht, sondern demselben bei gleichem Quantum verdampften Wassers gleich steht. Mag durch die Innenfeuerung beim Cornwallkessel der Wärmeverlust durch das Mauerwerk auch geringer sein, als beim Siederkessel mit seiner Außenfeuerung, so halte ich letztere aber für günstiger in bezug auf die Verbrennung der Kohle und bin auch im stande, durch Aufführung doppelter Wände den Verlust durch Ausstrahlung von Wärme auf ein Minimum zu bringen.

Bedenkt man ferner, daß der Betrieb eines Cornwallkessels durch Verzinsung und Amortisation des zirka 20% größeren Anlagekapitals sich entsprechend höher stellt, der Effekt desselben mithin, technisch gerechnet, günstiger stehen muß, als der des Sieders, um ihm, kaufmännisch gerechnet, gleichzustehen, so wird man zugeben müssen, daß das so äußerst günstig lautende Urteil über den Vorteil des Zweiflammrohrkessels gegenüber dem Siederkessel nur scheinbar richtig ist.

Was die weitere Behauptung betrifft, daß der Siederkessel auf den Aussterbeetat gesetzt sei, so widerlege ich dieselbe am besten mit der Bemerkung,

daß der Mülhauser Verein unter seinen 1454 Kesseln nicht weniger als 1198 Siederkessel, dagegen nur 27 Cornwallkessel mit einem Flammrohr und 44 mit zwei Flammrohren hat. Diese Zahlen sprechen außerdem auch noch zu Gunsten des Effekts der Siederkessel. Die industriereiche Gegend von Mülhausen hat allen Grund, effektvolle Kesselanlagen zu besitzen, da die Kohlen von weit her bezogen werden müssen, und sicherlich werden die dortigen Industriellen, die keine Opfer scheuen, den vorteilhaftesten Kessel ausfindig zu machen, nicht einem Vorurteil zu Liebe tagtäglich eine schöne Summe Geldes zum Schornstein hinausjagen.

Auch im Bezirke des hiesigen Vereins wiegt die Anzahl der Siederkessel über die der Cornwallkessel. Letztere sind mit 34, erstere mit 67 Stück vertreten."

Die Kessel der Dampffeuerspritzen*)

von Prof. O. Bach in Stuttgart.

Figuren 96 bis 124.

Von den speziellen Bedingungen, denen eine ihrem Zweck entsprechend gebaute Dampffeuerspritze zu genügen hat, sind es vorzugsweise zwei, welche die Konstruktion des Dampfgenerators beeinflussen.

A. Die Erzeugung des zur Ingangsetzung der Maschine erforderlichen Dampfes, oder die Erwärmung des in dem Dampfkessel enthaltenen Wassers auf die der gewünschten Dampfpressung entsprechende Temperatur, darf nur einen kurzen Zeitraum in Anspruch nehmen.

Die Dauer der Anheizperiode, d. h. die Zeit, welche verstreicht von dem Augenblick an, in welchem das Brennmaterial auf dem Rost entzündet wurde, bis zu dem Moment, in welchem Dampf von einem bestimmten Überdruck erzeugt ist, hängt in der Hauptsache von folgenden Größen ab:

1) von der Quantität der auf dem Rost entwickelten Wärme und der Höhe der im Feuerraum herrschenden Temperatur. Diese beiden Größen sind ihrerseits abhängig von der Größe der Rostfläche, der Intensität des Zuges (Höhe des Schornsteins, Größe der Querschnitte, welche die Heizgase passieren müssen, Größen der freien Rostfläche), der Art und Beschaffenheit des Brennmaterials, der Geschwindigkeit des Heizers (Vollkommenheit des Verbrennungsprozesses);

2) von der Größe und der Qualität der Heizfläche;

3) von dem Wärmezustand der Kesselmassen zu Anfang der Periode und zu Ende derselben;

4) von der Quantität Wärme, welche durch die äußeren Kesselwandungen aus den erwärmten Kesselmassen in die Atmosphäre oder in die an den Kessel anschließenden Eisenteile des Fahrzeuges entweicht.

Den Einfluß aller der im vorstehenden aufgeführten Größen auf die Dauer der Anheizperiode genau ziffermäßig festzustellen, ist nicht möglich. Wir müssen uns deshalb mit der angenäherten Bestimmung begnügen, soweit eine solche durch vorliegende Erfahrungen möglich geworden ist. Wir setzen:

*) Zeitschrift d. Ver. deutscher Ing. Bd. XXIII.

$$t_0 = k\,\frac{G_w + G_1\gamma_1 + G_2\gamma_2 + G_3\gamma_3 + G_4\gamma_4 + G_5\gamma_5 + \cdot -}{F}$$

$$= k\,\frac{G_w + \Sigma G\gamma}{F} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Hierin bezeichnet

t_0 die Dauer der Anheizperiode in Minuten, wie oben definiert;

G_w das Gewicht des in dem Kessel befindlichen und während der Anheizperiode zu erwärmenden Wassers in Kilo;

G_1 das Gewicht der zu erwärmenden Schmiedeeisenteile,

G_2 „ „ „ „ „ Gußeisenteile,

G_3 „ „ „ „ „ Stahlteile,

G_4 „ „ „ „ „ Kupferteile,

G_5 „ „ „ „ „ Bronzeteile des Kessels;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$ .... die bez. spezifischen Wärmen der Kesselmaterialien.

$$\Sigma G\gamma = G_1\gamma_1 + G_2\gamma_2 + G_3\gamma_3 + G_4\gamma_4 + G_5\gamma_5 + \cdot -$$

F die Heizfläche des Kessels in Quadratmetern;

k ein Koeffizient, welcher abhängt:

a) von dem Quotienten Heiz- und Rostfläche;

b) von der Höhe des Schornsteins und dem Widerstande, welchem die Luft beim Passieren des Rostes und der Brennmaterialschicht, und welchem die Heizgase auf ihrem Wege in die Atmosphäre begegnen.

c) von der Wirkung der zur Erhöhung des Zuges etwa vorhandenen Vorrichtung;

d) von der Art und Beschaffenheit des Brennmaterials;

e) von der Geschwindigkeit des Heizers;

f) von der Qualität der Heizfläche;

g) von dem Wärmezustande der Kesselmassen zu Anfang und zu Ende der Periode. Die später angeführten Werte von k beziehen sich auf einen bestimmten Anfangs- und einen bestimmten Endzustand, sodaß dann streng genommen diese Werte von k nur für die durch diese beiden Zustände begrenzte Periode gelten, dagegen auch frei von der soeben unter g angegebenen Abhängigkeit sind;

h) von der Quantität Wärme, welche durch die äußeren Kesselwandungen aus dem erwärmten Kesselmassen in die Atmosphäre entwickelt, oder in die an den Kessel anschließenden Eisenteile des Fahrzeuges übergeht.

Da eingehende Versuche zur Klarlegung der Größen der einzelnen unter a bis g aufgeführten Einflüsse fehlen, so müssen wir uns mit der Gleichung (1) begnügen.

Wie wir später sehen werden, variiert k selbst für verschiedene Konstruktionen von Dampfspritzenkesseln in verhältnismäßig nicht weiten Grenzen zwischen $^1/_2$ und $^2/_3$. Als Anfangszustand wurde eine mittlere Temperatur der Kesselmassen von 20° C. angenommen; der Endzustand dadurch bestimmt, daß die Anheizperiode in dem Momente zu Ende ist, in welchem Dampf von 5 Kilo Überdruck pro Quadratzentimeter, entsprechend 158° C. erzeugt ist.

Streng genommen besitzen die Massen G_w, G_1, G_2 u. s. w. weder eine gleiche Anfangs- noch eine gleiche Endtemperatur. Wohl aber wird ein Teil der Massen G_1, G_2, G_3 u. s. w. eine etwas niedrigere Temperatur haben, namentlich im Winter, als das im Kessel befindliche Wasser.

Als Brennmaterial sind Hobelspäne, trockenes Holz, eine gute Steinkohle zu Grunde gelegt.

K und Gw ist möglichst klein zu halten, als es die Konstruktion mit Rücksicht auf den Betrieb und die Dauer des Kessels gestattet. F muß möglichst groß und $\Sigma G\gamma$ möglichst klein gehalten werden. In den beiden letzten Bedingungen liegt der schwierigere Teil der Aufgabe, da $\Sigma G\gamma$ mit F wächst, und in der Festigkeit der Materialien, welche die Heizfläche bilden. Jedenfalls hat der Konstrukteur möglichst dünnwandige Heizflächen anzuordnen und dafür Sorge zu tragen, daß eine energische Zirkulation an denselben entlang stattfindet; ferner hat er die genieteten Nähte des Kessels durch geschweißte zu ersetzen und bestes Material zu verwenden.

Die zweite der hier in Betracht kommenden Hauptbedingungen, denen eine ihrem Zweck entsprechend gebaute Dampfspritze zu genügen hat, ist folgende:

B. Das Gewicht der ausgerüsteten Dampffeuerspritze soll im Interesse der Transportabilität, und Manövrierfähigkeit der verwendbaren Zugkraft entsprechend niedrig gehalten werden.

Da nun bereits die unter A dargelegten Bedingungen zu einer möglichst wenig schweren Dampffeuerspritze führen, so stellen die in der Hauptbedingung B angegebenen Umstände: Terrainverhältnisse, disponible Zugkräfte, Gangart der letzteren, in jedem speziellen Fall ein Maximum der Größe der Dampffeuerspritzen und hiermit die Größe des Kessels fest.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der Konstruktionen verschiedener Dampfspritzkessel.

1) Ältere Konstruktion der Firma Shand, Mason & Komp. in London, Figur 96.

Es ist *a* Feuerbuchse, *b* Feuerröhren, *c* Rauchrohr und Schornstein, *d* Blasrohr, *e* zwei halbkreisförmige, dünnwandige Hohlzylinder, eingesetzt zu dem Zwecke, den Wasserraum zu vermindern. Durch die Röhren *f*, *f* kommuniziert das Innere dieser Hohlzylinder mit dem Dampfraume des Kessels. Mittelst zweier Löcher, welche die äußere Kesselwand durchdringen, kann das in *e* sich sammelnde Kondensationswasser abgelassen werden.

Der Kessel ist nach Lösung der Muttern bei *g* und *h* aus einander nehmbar. Die Rauchkammer kann durch Lösung der Muttern bei *i* blosgelegt werden.



Figur 96.

Mittelmäßige Qualität der Heizfläche, relativ große Eisenmassen im Vergleich zur Heizfläche, Verrußen der engen Feuerröhren, sodaß bei längerer Thätigkeit des Kessels der Betrieb behufs Vornahme der Reinigung unterbrochen werden muß, dürften die Ursachen gewesen sein, welche die genannte Firma veranlaßte, zu der später angeführten Konstruktion überzugehen.

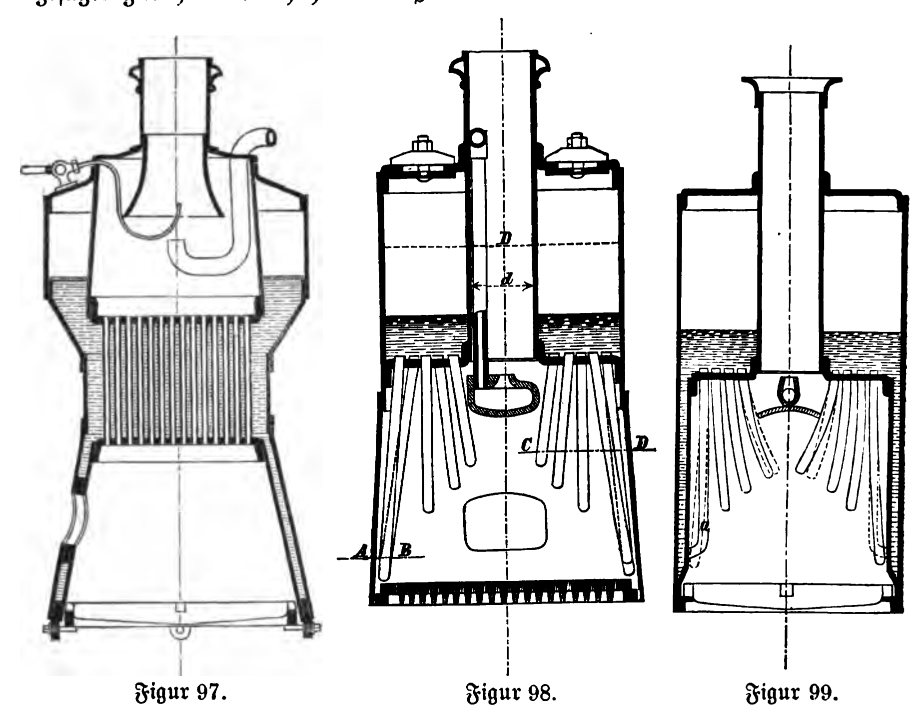
Wenn trotz dieser Mängel die Dauer der Anheizungsperiode bei Schauproben und bei ganz besonders aufmerksamer Bedienung zuweilen 12 Minuten nicht überschritten haben soll, so wird dies nur dem vergleichsweise großen Rost zu danken gewesen sein.

Figur 97. Kessel von Ph. Moyer in Wien (Patent E. Leyser & Wm. Knaust).

Anzahl der Feuerröhren 282,		
Äußerer Durchmesser derselben	26	Millimeter,
Innerer „ „	21	„
Länge derselben	444	„
Heizfläche derselben	10,8	Quadratmeter,
Rostfläche derselben	0,5	„
Querschnitt des Schornsteins .	0,044	„

Die Wandstärken sind durch Verwendung von Stahlblechen möglichst gering gehalten.

Dieser Kessel stimmt mit in Figur 96 besprochenen überein. Das dort gesagte gilt hier in erhöhtem Maße.



Figur 97. Figur 98. Figur 99.

Figur 98 und 99 sind Field-Kessel der Dampffeuerspritze von Merryweather & Sons in London. Die Figur 99 entspricht dem Kessel einer im Besitz der k. k. Ferdinands-Nordbahn befindlichen Merryweather'sche Dampffeuerspritze.

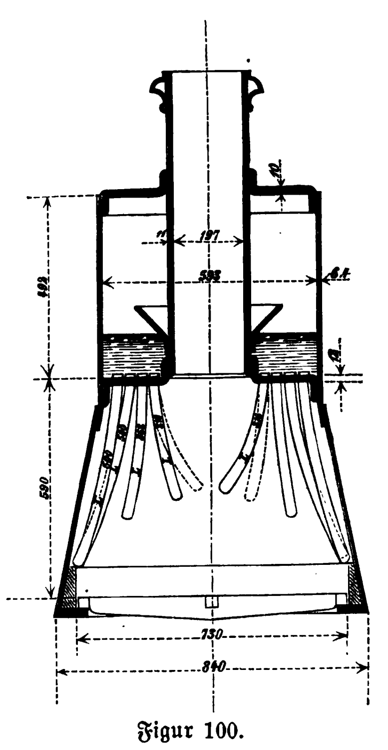
Wie aus den Figuren 98 und 99 ersichtlich, fallen die Feuerbuchse und der untere Kesselmantel zusammen. Die Tendenz, die Eisenmassen und den Wasserraum nach Möglichkeit zu reduzieren, tritt für ausgeprägt zutage. Zur Schonung des gefährdeten Mantels der Feuerbuchse bilden die beiden äußersten Röhrenbündel einen dicht bis auf den Rost reichenden Hohlkonus, dessen Außenmantel allerdings relativ wenig Wärme in das Wasser überführen wird. Hierbei mögen sich Übelstände gezeigt haben. Abbrennen einzelner Rohre und be-

sonders beim Anheizen ungenügende Verbrennung an der Peripherie des Rostes aus Anlaß der energischen Wärmeentziehung seitens der dicht an einander schließenden und bis auf den Rost reichenden äußeren Rohre. Wohl infolge dessen pflegt die genannte Fabrik einen Ring von Schamottesteinen einzusetzen wie Figur 100 zeigt.

Die Heizfläche muß als eine gute bezeichnet werden, der Wasserraum fällt klein aus, die zu erwärmenden Eisenmassen sind nach Möglichkeit vermindert, die Rostfläche ist eine relativ große, sodaß bei genügender Stärke des Zuges die Bedingungen erfüllt sind, welche die Voraussetzung schneller Dampferzeugung bilden.

Mit rationell dimensionierten Field-Kessel ist es möglich, die Dauer der Anheizungsperiode auf 9 bis 12 Minuten zu beschränken.

Mit Rücksicht auf das Vorstehende, sowie in Hinsicht auf die Einfachheit der Konstruktion, auf die Leichtigkeit, mit welcher einzelne Rohre ersetzt werden können (vier Verschlußdeckel in der Decke des Kesselmantels), erscheint der Field-Kessel für Dampffeuerspritzen wohl geeignet. Bei der Konstruktion hat man sich in den Bestrebungen, möglichst große Heizfläche, also viele Rohre anzuwenden, zu hüten, dies auf Kosten der Größe der Querschnitte zu thun, welche die Heizgase passieren müssen, wie es z. B. bei dem in Figur 100 dargestellten Kessel geschehen ist.



Figur 100.

Für denselben ergab sich

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{4,53}{0,418} = 11;$$

$$\frac{\text{Rauchrohrquerschnitt}}{\text{Rostfläche}} = \frac{0,418}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,197^2} = \frac{0,418}{0,0305} = 13,7.$$

Unter Berücksichtigung der Verengung des Rauchrohres durch das Abdampfrohr erhöht sich die letztere Zahl von 13,7 auf reichlich 14. Die Größe des Rostes ist hiernach beim Anheizen jedenfalls nicht ausnutzbar, später unter Einwirkung des Blaserohrs bessert sich dieser Mißstand.

Wasserraum pro Quadratmer Heizfläche etwa 10 Liter (bei einem Wasserstand von 100 Millimeter über der Decke der Feuerbuchse).

Wasserstandsfläche pro Quadratmeter Heizfläche:

$$= \frac{\frac{\pi}{4}(D^1 - d^2)}{F} = \frac{0,24}{4,53} = 0,052.$$

Im offiziellen Berichte der Weltausstellung zu Wien, Gruppe Dampfkessel, finden sich folgende Größen eines Field-Kessels für Dampffeuerspritzen angegeben:

Durchmesser des Kesselmantels	660 Millimeter
„ „ Rostes	700 „
„ „ Rauchrohres	190 „
Anzahl der Field-Röhren in fünf konzentrischen Bündeln	162
Anzahl der Field-Röhren außen 28 Millimeter	
Mittlere Länge der Field-Röhren	500 „
Heizfläche	7 Quadratmeter
Stärke der Decke der Feuerbuchse	16 Millimeter.

Hieraus ergiebt sich:

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{7}{\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}7^2} = \frac{7}{0{,}385} = 18;$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = \frac{0{,}385}{\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}19^2} = \frac{0{,}385}{0{,}0284} = 13{,}5;$$

Wasserstandsfläche pro Quadratmeter Heizfläche:

$$= \frac{\frac{\pi}{4}(0{,}646^2 - 0{,}2^2)}{7} = 0{,}044;$$

Wasserraum bei einem Wasserstand von 100 Millimeter über der Decke der Feuerbuchse pro Quadratmeter Heizfläche etwa 8 Liter.

Für Field-Dampfspritzkessel, konstruiert nach Maßgabe des in Figur 98 skizzierten Kessels mit

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 18$$

$$\frac{\text{Rauchrohrquerschnitt}}{\text{Rostfläche}} = 10 \text{ bis } 12$$

darf in

$$t_0 = k \cdot \frac{G_w + \Sigma G_r}{T}$$

für $k = {}^2/_3$ gesetzt werden.

Die erzielbare Maximalleistung des Field-Dampfspritzenkessels ohne Wasserwand um die Feuerbuchse wird von Professor Bach auf 50 bis 60 Kilo pro Quadratmeter Heizfläche geschätzt.

Für Field-Kessel, bei deren Konstruktion noch etwas Rücksicht auf die Ausnutzung des Brennmaterials genommen wird, wie z. B. bei dem von Professor Bach konstruierten (Figuren 111—115) und in der „Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architektenverein" 1876, beschriebenen Kessel, welcher nicht reiner Dampfspritzenkessel ist und für welchen

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = 25$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 9$$

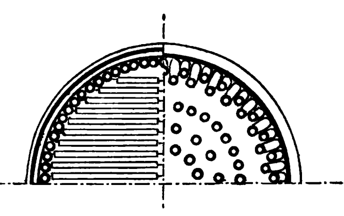
ist, darf k im Mittel ${}^3/_4$ eingeführt werden. Umhüllung des Kessels ist hierbei nicht vorausgesetzt, in letzterem Falle fehlt auch die Blasevorrichtung zur Benutzung des Frischdampfes während der Anheizperiode.

Wenn man sich bei der Konstruktion eines Field-Kessels zur Weglassung der Wasserwand zwischen Feuerbuchse und Kesselmantel nicht entschließen kann, also eine besondere Feuerbuchse anordnet, so vermehrt sich die Dauer der Dampferzeugung entsprechend dem größeren Wasserraum und den größeren

Eisenmassen. Die Vergrößerung der Heizfläche durch die Feuerbuchse ist infolge ihrer relativ geringen Qualität wenig wert. Dagegen wächst die Leistungsfähigkeit des äußersten Bündels Field-Röhren, die dann von den Heizgasen vollständig umspült werden.

Für derartige Dampfspritzenkessel läßt sich t_0 nicht wohl geringer als 15 Minuten erzielen.

Der Versuch durch Einschaltung von Röhren *a* Figur 101, eine lebhaftere Zirkulation innerhalb der Wasserwand hervorzurufen, um dadurch die Dauer der Anheizperiode zu vermindern, ergab einen nennenswerten Erfolg nicht.



Figur 101.

Die Einführung des Abdampfrohres in den oberen Teil der Feuerbuchse durch den Mantel und nicht, wie dies üblich, durch das Rauchrohr, erwies sich für die Erhöhung des Zuges günstig, doch litt das aus Kupfer gefertigte Abdampfrohr so stark, daß die übliche Art der Zuführung beibehalten werden mußte. Der Verengung und der Unregelmäßigkeit, welche im Querschnitte des Rauchrohres hierdurch entstehen, ist durch entsprechend größeren Durchmesser des letzteren Rechnung zu tragen.

Die bei dem in Figuren 111—115 besprochenen Kessel angeordnete Zuleitung des Dampfes nach der Blasrohrvorrichtung läßt sich für Field-Kessel leider nicht verwenden.

Wenn die Decke der Feuerbuchse schwach gehalten werden soll, müssen die Rohre eingeschraubt werden, während sie sonst mit Konus in der bekannten Weise eingesetzt werden. Im letzteren Falle sollte die Decke der Feuerbuchse nicht unter 16 Millimeter stark sein bei 30 Millimeter mittlerem Konusdurchmesser.

Bei der Wartung des Field-Kessels darf nicht übersehen werden, daß die Röhren im Winter einfrieren können, wie dies auch schon vorgekommen ist. Entweder muß der Raum, in welchem die Dampfspritze zu der Zeit, während welcher Eisbildung möglich ist, genügend geheizt werden, oder die Temperatur des im Kessel befindlichen Wassers muß etwa mittelst einer Gasflamme oberhalb des Nullpunktes gehalten werden, oder der Kessel muß nach dem Gebrauch und bevor er der Abkühlung überlassen wird, nicht nur ausgeblasen, sondern es muß auch durch Unterhaltung eines kleinen Feuers auf dem Roste das in den Röhren befindliche Wasser verdampft werden.

Figuren 102 bis 104. Kessel der Dampffeuerspritzen der Silsby Manufacturing Co., Island Works, Seneca Falls N. Y. Wie aus den Figuren ersichtlich, ist dieser Kessel ein Field-Kessel mit einer Anzahl von Heizröhren, welche die Heizgase durch das Wasser und durch den Dampfraum in die Rauchkammer führen. Die Field-Röhren sind eingeschraubt und deshalb vom Feuerraum aus herausnehm- und ersetzbar.

Der Rost ist drehbar angeordnet, sodaß eine sofortige Entfernung des Brennmaterials stattfinden kann.

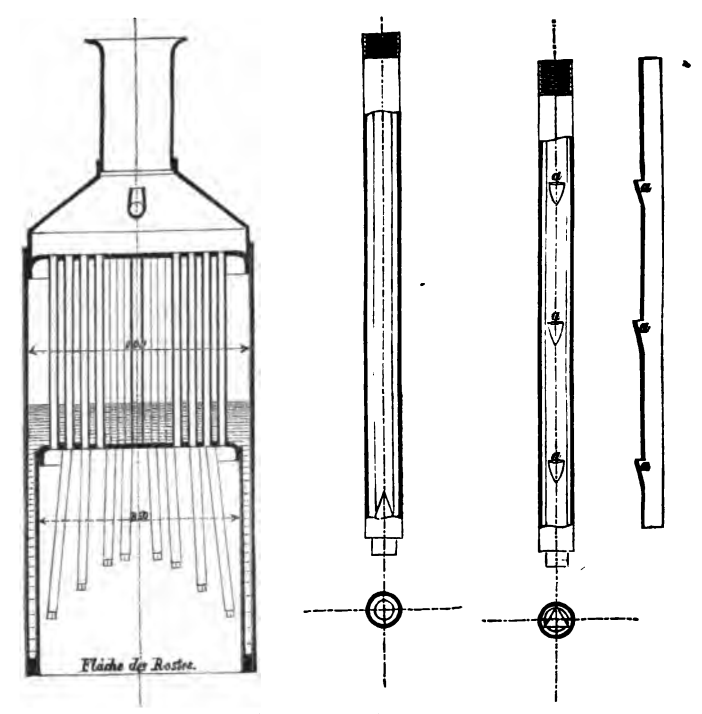
Um die Verbindungsstellen der Heizröhren mit der Decke des Kessels zugänglich zu machen, ist der obere Teil der Rauchkammer zum Abnehmen eingerichtet.

Kessel- und Feuerbuchsendecke können hier schwach gehalten werden, Heizfläche ist pro Quadratmeter Grundfläche größer, Wasserraum bedeutender,

Dampf weniger naß als bei dem in Figur 98 dargestellten Field-Kessel, der sich einfacher und dem Silsby-Kessel hinsichtlich der Dauer der Anheizperiode nahezu gleichwertig erweist.

Zu berücksichtigen ist hierbei, daß die Amerikaner mit den Wandstärken weiter heruntergehen, als wir es mit unseren Materialien für zulässig erachten, und daß sie den Wasserstand tiefer halten, als es unsere Gesetze gestatten; to beträgt 9 bis 11 Minuten.

Wenn manche Mitteilungen wesentlich weniger angeben, so ist dies darauf zurückzuführen, daß die Dimensionen der Silsby-Dampfpumpen bereits ein Arbeiten bei 1—2 Kilo Dampfspannung gestatten. Die Maschine beginnt des-



Figuren 102 bis 104.

halb früher zu arbeiten. Die im Vergleich zu dem anfänglichen Dampfverbrauch sehr reichlich bemessenen Heizflächen ermöglichen dann unter Benutzung des Abdampfes zur Zugerhöhung ein schnelles Steigen der Dampfspannung.

In den Mitteilungen über den zehnten deutschen Feuerwehrtag zu Stuttgart am 11., 12. und 13. August 1877 erstattete vom Landesfeuerlösch-Inspektor Grossmann (Kitzinger, Stuttgart) befindet sich bezüglich der Dauer der Anheizperiode der ausgestellten Silsby-Dampfspritzen folgende Notiz:

Zeit vom Anheizen:

bis 1 Atm. Überdruck 5 Minuten

bis 2 Atm. Überdruck 9 Minuten,

bei 1 Atm. Überdruck begonnen. Wasserstand ging nur soweit als die Heizröhren.

In Philadelphia waren zwei Silsby-Dampffeuerspritzen ausgestellt, über deren Kessel dem offiziellen Bericht „International Exhibition 1876, Trial of Steam Fire Engines, Philadelphia 1877“ sich folgende Angaben entnehmen lassen:

	I.		II.	
Kesseldurchmesser	1010	Millimeter	910	Millimeter
Kesselhöhe	1520	„	1420	„
Heizfläche*)	30,7	Quadratmeter	18,3	Quadratmeter
Prüfungsdruck, Kilo pro Quadratzentimeter	14		14	

Durch Rechnung ergaben sich noch aus den Angaben:

Wasserraum	200 Liter	154 Liter
Wasserraum pro Quadratmeter Heizfläche	6,5 „	8,4 „

Die Dauer der Anheizperiode ist aus den ziemlich mangelhaft angestellten Versuchen leider nicht zu entnehmen.

Der Kessel der einen der beiden Dampffeuerspritzen, welche die Silsby Company 1877 nach Leipzig brachte, besaß nach dem Gutachten, welches sich der Rat der Stadt Leipzig anläßlich des beabsichtigten Ankaufs von Dampffeuerspritzen durch die Herren Regierungsrat Prof. Dr. Hartig, Maschinenfabrikant G. Götz, königl. sächsischen Dampfkessel-Inspektor Morgenstern erstatten ließ, folgende Dimensionen:

Höhe des Kessels	1400	Millimeter.
Durchmesser des Kessels	900	„
Blechstärke	5	„
Höhe der Feuerbuchse	850	„
Durchmesser der Feuerbuchse	850	„
Blechstärke der Feuerbuchse	5	„
Zahl der Field-Röhren	180	
Durchmesser der Field-Röhren außen	32	„

Von den Field-Röhren waren
43 Stück je 775 Millimeter lang
23 „ „ 700 „ „
114 „ „ 550 „ „

Zahl der Rauchröhren	80	

Hiervon hatten

36 einen lichten Durchmesser von	45	„
44 einen lichten Durchmesser von	26	„
Länge der Rauchröhren	540	„
Größe der Heizfläche bei 270 Millimeter Höhe des Dampfraumes	15,81	Quadratmeter.
Größe der Rostfläche	0,56	„
Größe der Rostfugenfläche	0,21	„
Breite der Roststäbe	22	Millimeter.
Breite der Fugen	13	„

Über den ausgeführten Anheizversuch ist folgendes angegeben:

Wassermenge, welche erforderlich war, um den Kessel bis zu einem Wasserstand von 40 Millimeter über der Feuerbuchsendecke zu füllen 119 Liter. Temperatur des Wassers 23,4° C.

*) Wahrscheinlich ist in diesen Werten die im Dampfraum gelegene Heizfläche der Heizrohre voll eingeschlossen.

Zum Anheizen wurden verwendet eine geringe Menge von Hobelspänen, 10 Kilo kleingespaltenes Holz und Zwickauer Steinkohlen, deren Menge man dem Ermessen des Heizers anheimgestellt hatte.

Von dem Moment des Anzündens des Brennmaterials verstrichen folgende Zeiten:

bis zum Erscheinen des Rauches am Schornsteinkopf . . .			5 Sekunden.
„ „ Eintritt einer Dampfspannung von 1 Atm.	6 Minuten	9	„
„ „ Anlassen der Maschine	6 „	51	„
„ „ Eintritt einer Dampfspannung von 2 Atm.	7 „	47	„
„ „ „ „ „ „ 3 „	8 „	49	„
„ „ „ „ „ „ 4 „	9 „	5	„
„ „ „ „ „ „ 5 „	9 „	26	„
„ „ „ „ „ „ 6 „	10 „	10	„

Für diesen ummantelten Kessel, für welchen wir nach den vorstehenden erhalten

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{15{,}81}{0{,}56} = 28{,}2$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Summa der Rauchrohrquerschnitte}} = \frac{0{,}56}{\frac{\pi}{4}(36 \cdot 0{,}045^2 + 44 \cdot 0{,}026^2)} = 6{,}9$$

ergiebt sich, da zur Erzeugung einer Pressung von 5 Kilo Überdruck verflossen

$$9' 5'' + (-4 \cdot 1{,}0333)(9' 26'' - 9' 5'') = 9' 13'' \text{ (Min.)}$$

der Koeffizient k der von uns aufgestellten Gleichung aus

$$9{,}38 = k \, \frac{119 + 102}{15{,}81}$$

zu

$$k = 0{,}67 = {}^2/_3.$$

Der Wert $\Sigma G\gamma = 102$ wurde auf Grund der vorhin angegebenen Dimensionen des Kessels und unter sachgemäßer Annahme von Werten für die fehlenden Größen ermittelt.

Hinsichtlich der Zahl 9,38 ist angenommen, daß der Verlust an Wärme, welcher der frühzeitigen Dampfentnahme entspricht, voll aufgewogen wird durch die größere Wärmeentwicklung infolge der Zugerhöhung durch den Abdampf, eine Annahme, welche mit Rücksicht auf die Verhältnisse des Kessels nicht blos zulässig erscheint, sondern von welcher der Konstrukteur als einer Bedingung sogar ausgegangen sein dürfte. Der relativ lange Zeitraum bis zur Erzeugung von Dampf von 1 Atm. Überdruck spricht ebenfalls dafür.

Die amerikanischen Dampfspritzenkonstrukteure suchen nicht immer, wie wir es bisher in Europa gethan haben, Dampf von hoher Pressung in möglichst kurzer Zeit zu erzeugen, sondern sie dimensionieren, wie dies bereits für einen Fall bemerkt wurde, die Dampfpumpe so, daß diese bereits bei niedriger Dampfpressung arbeiten kann. Die Heizflächen werden dann sehr reichlich bemessen, sodaß unter Einwirkung des Zug anfachenden Abdampfes die Pressungserhöhung im Dampfkessel rapid vor sich geht. Hierbei kommt den Amerikanern ihr ausgezeichnetes Eisenmaterial zu statten, das sie hinsichtlich der Anordnung geringer Wandstärken nahezu bis zur äußersten Grenze ausnutzen. Die Vergleichung der Dimensionen des Kessels der in Leipzig geprüften Maschinen mit denjenigen des Kessels der in Philadelphia ausgestellten kleinen Dampfspritze läßt schließen, daß beide Kessel genau gleich sind. Nun wurde der Kessel in Philadelphia von dem Preisgericht einer kalten Probe von 14 Kilo pro Quadratzentimeter unterworfen, ohne daß von dieser An-

forderung vor Beschickung der Ausstellung etwas verlautbar werden konnte. Es hat deshalb kein Grund vorgelegen, den Kessel der Ausstellungsmaschine stärker zu machen als denjenigen der in Leipzig geprüften. Auch läßt das Gewicht der beiden Dampffeuerspritzen auf keine größere Wandstärke der Ausstellungsmaschine schließen.

Die Wasserstandsfläche berechnet sich zu

$$\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}89^2 - (36 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}051^2 + 44 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}032^2) = 0{,}5139 \text{ Quadratmeter,}$$

d. h. pro Quadratmeter Heizfläche

$$\frac{0{,}513}{15{,}81} = 0{,}032.$$

Während eines dreistündigen, nicht angestrengten Versuches leistete nach dem Leipziger Gutachten der Kessel durchschnittlich:

Dampf von 4 Kilo Überdruck pro Stunde 329 Kilo und verbrauchte Zwickauer Steinkohlen pro Stunde 73,5 Kilo d. h. 4,48 Kilo Dampf pro Kilo Kohle bei 21 Kilo Dampf pro Quadratmeter Heizfläche.

Die erzielbare Maximalleistung des Silsby-Kessels kann, mit Rücksicht auf die Ergebnisse der in Philadelphia 1876 stattgehabten Versuche, die eine Berechnung nicht gestatten, auf 50 bis 60 Kilo pro Quadratmeter Heizfläche geschätzt werden, die im Dampfraum gelegene Heizfläche nicht mitgerechnet.

Der Kessel der Dampffeuerspritze von Clapp & Jones, Hudson N. Y. stimmt in der Hauptsache mit dem Silsby'schen überein. Eigentümlich sind ihm die Field-Röhreneinlagen. Wie Figur 104 zeigt, ist dies innere Rohr ein hohles dreiseitiges Prisma. Die Öffnungen *a*, *a*, *a* sollen das zurücktreten eines Teiles des Wassers gestatten, welches von dem sich zwischen dem äußeren Rohre und der Einlage bildenden Dampfe mit nach oben gerissen wird.

In Philadelphia hatten Clapp & Jones drei Dampffeuerspritzen ausgestellt. Die Angaben über die drei Kessel sind folgende:

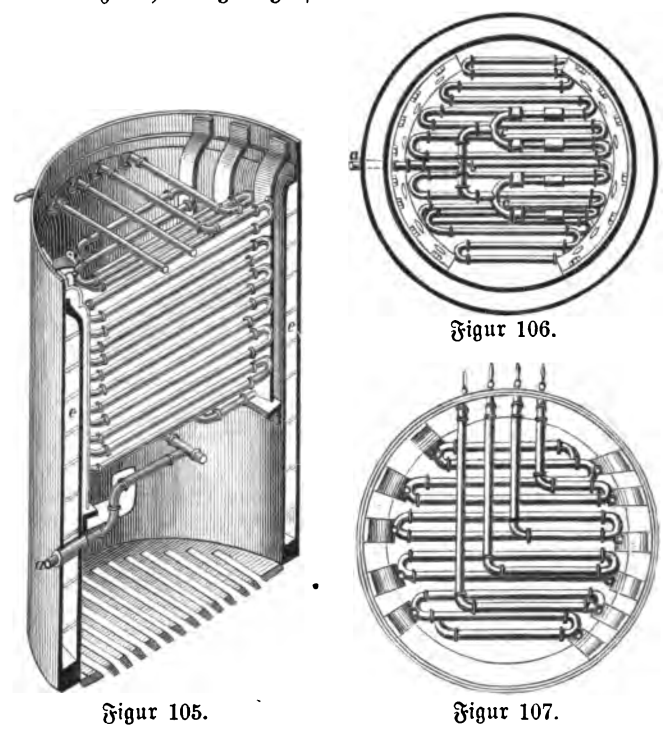
	I	II	III
Durchmesser des Kessels in Millimeter . .	710	965	840
Höhe des Kessels in Millimeter	1320	1470	1320
Heizfläche des Kessels in Quadratmeter . .	11,4	23	13,7
Prüfungsdruck (kalt) in Kilo pro Quadratzentimeter	16,8	16,8	16,8
Wasserraum in Liter pro Quadratzentimeter Heizfläche	7,6	6.3	5,6.

Latta-Kessel der Dampffeuerspritzen von C. Ahrens & Komp., Cincinnati, Figuren 105—107. Figur 106 zeigt die Ansicht des Kessels von unten und Figur 107 Ansicht des Kessels von oben.

Mittelst einer von Hand und auch durch Dampf in Thätigkeit zu setzenden Pumpe wird das zu verdampfende Wasser bei *a* in das Rohrsystem des Kessels gedrückt. Das bei *a* eingetretene Wasser teilt sich bei *b* in zwei Leitungen, welche sich bei *c*, *c* je in zwei Rohre spalten. Während das Wasser durch das den Feuergasen ausgesetzte Rohrsystem getrieben wird, geht ein großer Teil desselben in Dampf über. Der letztere tritt dann etwa nach vorhandenem Wasser in den Dampf- und Wasserraum *e*.

In bezug auf Schnelligkeit der Dampferzeugung leistet dieser Kessel das Maximum des Erreichbaren; 4 bis 5 Minuten nach dem Anheizen ist die Spritze in voller Thätigkeit. Es scheint, daß Reparaturen nicht so häufig vorkommen, als sich bei der Natur dieser Konstruktion erwarten läßt. Auch

die Betriebsschwierigkeiten scheinen für geübte Maschinisten weniger groß zu sein, als man anzunehmen geneigt sein wird.



Figur 106.

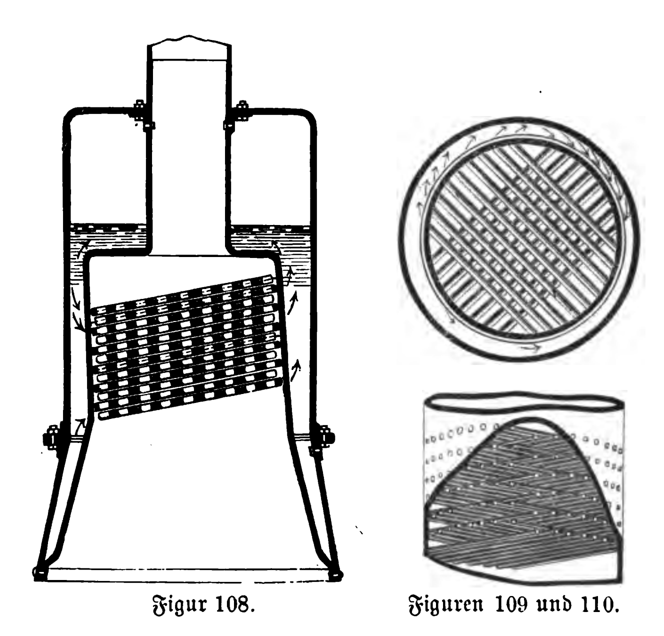
Figur 105. Figur 107.

Figuren 108, 109 und 110 zeigen eine neuere Konstruktion von Shand, Mason & Komp. in London.

In der runden Feuerbuchse ist eine größere Anzahl gegen den Horizont geneigter Sieberöhren befestigt. Der obere Teil der ersteren steht exzentrisch zu dem Kesselmantel und bietet so dem nach oben steigenden Dampf einen größeren Querschnitt, infolge dessen dieser weniger Wasser mitreißen wird. Die Zirkulation ist wie die Pfeile andeuten eine regelmäßige.

Die Qualität der Heizfläche dieser Röhren muß im Vergleich mit den bisher besprochenen Heizflächen als die weitaus vorzüglichste bezeichnet werden. Der Wasserraum fällt größer aus als derjenige des Field-Kessels ohne Wasserwand und etwas kleiner als derjenige des Silsby-Kessels. Die Eisenmassen fallen ebenfalls etwas größer aus als bei dem Field-Kessel. Der Silsby-Kessel kann nicht zum Vergleich herbeigezogen werden, da wir nicht in der Lage sind, diesen Kessel so leicht zu bauen wie die Amerikaner; bei uns würde derselbe relativ mindestens ebenso viel Eisenmassen enthalten als der Kessel mit Querröhren. Der Betrag, um welchen $\frac{Gw + \Sigma G\gamma}{F}$ bei dem letzteren größer ausfällt als bei dem Field-Kessel, wird mehr als reichlich ausgeglichen durch den Betrag, um welchen sich k geringer ergiebt. Die Dauer der Anheizperiode ist auf 8 bis 10 Minuten reduziert worden. Die Reinigung der Rohrwandungen von Asche und Ruß vollzieht sich infolge des intensiven Zuges ganz von selbst.

Die zunächst in die Augen fallenden Schattenseiten der Konstruktion besteht in der Schwierigkeit, die nach dem Umfang zu gelegenen Röhren in



Figur 108. Figuren 109 und 110.

der runden Feuerbuchse solid zu befestigen. Nach den Erfahrungen, welche bei der Ausführung von Dampfspritzenkesseln mit gegen den Horizont geneigten Röhren gemacht worden sind, erweist sich diese Schwierigkeit in Wirklichkeit weniger bedeutend, als sie für den ersten Augenblick erscheint.

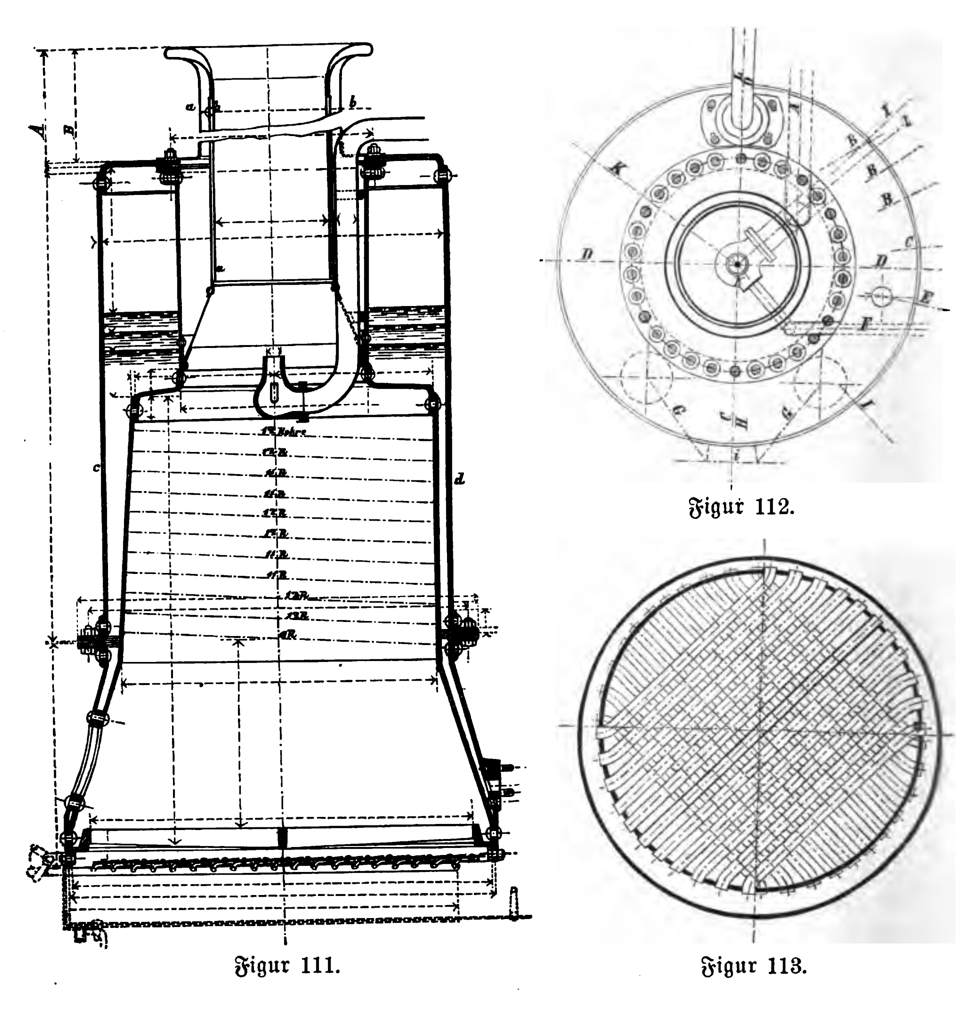
Figuren 111—116, Kessel der in der Lausitzer Maschinenfabrik vorm. J. F. Petzold in Bautzen gebauten Dampffeuerspritze, konstruiert von Roesky, Direktor der genannten Firma.

Die Längsnähte der Feuerbuchse der beiden Kesselmantelteile sind aus bestem Schmiedeeisenmaterial zusammengeschweißt. Seit neuerer Zeit wird auch der Deckel des Kessels angeschweißt.

Der Rost besteht aus vier durch die Heizthür herausnehmbaren Teilen. Denselben zum Niederklappen einzurichten, wie es z. B. der Silsby-Kessel zeigt, erscheint mit Rücksicht darauf, daß an den Dampffeuerspritzen Einrichtungen getroffen sind, welche ein Niederarbeiten der Dampfpressung ohne Wasserförderung gestatten, daß ferner die Dimensionen der Dampfpumpen in wenigen Sekunden das Fördern von großen Wasserquanten in den Kessel ermöglichen, und daß Vorsorge getroffen ist, um in jedem Moment Wasser aus dem Druckwindkessel, oder aus dem Dampfkessel mittelst eines Gummischlauches, der an einen Hahn angekuppelt ist, in den Feuerraum zu leiten, als eine nicht genügend begründete Komplikation.

Größe der Rostfläche . .	$\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}842^2 =$	0,557	Quadratmeter
„ „ Rostfugenfläche		0,22	„
Breite der Roststäbe		7	Millimeter
„ „ Rostfugen		5	„

Mit Schmiedeeisen als Roststabmaterial sind bei Dampffeuerspritzenkessel gute Erfahrungen nicht zu verzeichnen. Das Verlieren der glühenden Asche während der Fahrt nach der Brandstelle wird vermieden entweder durch eine Jalousien-



Figur 111.

Figur 112.

Figur 113.

vorrichtung, welche gleichzeitig zur Zugregulierung dienen kann, oder durch einen Aschenkasten, dessen Boden nach Drehung dreier Vorreiber herausziehbar ist, sodaß man, an Ort und Stelle angekommen, die Asche direkt auf den Boden fallen lassen kann, was im Interesse der Ersparnis der Arbeit des Ausräumens und der Zulässigkeit eines kleinen Volumens des Aschenkastens liegt. Der Aschenkasten gewährt den Vorteil, daß der Kessel im Fall eines Bruches der hinteren Achse sich auf denselben aufsetzen wird; während sonst je nach der Konstruktion der Dampffeuerspritzen empfindlichere Teile der Maschine zur Aufnahme der angedeuteten Kraftwirkungen kommen können. Dagegen baut sich der mit Aschenkasten versehene Kessel etwas höher als ein solcher ohne denselben.

Die Heizfläche wird zum größeren Teil durch die Röhren geliefert. Es sind deren 127 in 11 Schichten vorhanden und zwar von unten angefangen

in	der	1.	Schicht	11	Röhren
"	"	2.	"	12	"
"	"	3.	"	12	"
"	"	4.	"	11	"
"	"	5.	"	11	"
"	"	6.	"	12	"
"	"	7.	"	12	"
"	"	8.	"	11	"
"	"	9.	"	11	"
"	"	10.	"	12	"
"	"	11.	"	12	"
				127	Röhren.

Die Ebenen der Schichten sind gegen eine zur Achse des Kessels senkrecht stehende Ebene um einen Winkel geneigt, dessen Tangente 0,07 beträgt. Die Achsen der Röhren selbst bilden dann mit dieser senkrechten Ebene einen Winkel, dessen Tangente nahezu 0,05 ist, weil die Achsen der Röhren sich rechtwinkelig in der Weise kreuzen, daß die Ebene, welche den rechten Kreuzungswinkel halbiert, den Neigungswinkel mißt, dessen Tangente oben zu 0,07 angegeben wurde. Das Speiseventil hat in dieser Ebene in den Kessel zu münden oder wenigstens nicht weit hiervon. Der Abstand je zweier Schichtenebenen, in Richtung der Kesselachse gemessen, beträgt 44 Millimeter.

Der äußere Durchmesser der Röhren ist 1" engl. = 25,4 Millimeter, Wandstärke = Nr. 14 Birmingham W. G. = 0,083 · 25,4 = 2,1 Millimeter, sodaß sich für den inneren Durchmesser 21,2 Millimeter ergiebt. Die Röhren lassen den Heizgasen in der obersten Schicht (hier ist der in Betracht kommende Durchmesser der Feuerbuchse am kleinsten = 680 Millimeter) einen nutzbaren Querschnitt von 0,14 Quadratmeter.

Die Rohrheizfläche beträgt $78 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 0{,}0254$ =	6,23	Quadratmeter
Die übrige Heizfläche	2,46	"
Gesamt Heizfläche	8,69	Quadratmeter.

Wasserraum ermittelt durch Wiegen des Wasserquantums, welches in den Kessel gepumpt wurde, bis sich der Wasserspiegel 100 Millimeter über die Feuerbuchsendecke erhebt = 85 Kilo = rund 85 Liter, d. h. etwa 10 Liter pro Quadratmeter Heizfläche. Der höchste Wasserstand wurde 80 Millimeter über dem niedrigsten fixiert, entsprechend einem Plus von 24,6 Liter Wasserraum, d. h. etwa 3 Liter pro Quadratmeter Heizfläche. Dieser Wasserraum sei im Späteren kurz mit Wasserstandsvolumen bezeichnet.

Mittlere Größe des Dampfraumes rund = 100 Liter = dem doppelten Quantum des pro Sekunde im Maximum konsumierten Dampfes.

Die eigentümliche Anordnung der Rauchrohrpartie ergab sich als Konsequenz des § 2 der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln, sowie als Lösung der Aufgabe, die Zug erhöhende Wirkung des Abdampfes möglichst vollkommen werden zu lassen und insbesondere das Abdampfrohr zur Blasrohrvorrichtung zu führen, ohne den Heizgasen im Rauchrohr ein Hindernis zu bieten.

Zur Erhöhung des Zuges während der Periode des Anheizens ist das Rauchrohr verlängerbar. Beim Ausziehen des inneren Rohres wird dasselbe

gehoben bis der Ring a, Figuren 111, 114 und 115, an drei Stiften b anstößt, dann gedreht, bis die Stifte in die Nuten e gelangen, hierauf etwas gehoben und ein wenig gedreht, bis die Stifte nach d gelangt sind. Das Einschieben des Rauchrohrs geschieht in umgekehrter Aufeinanderfolge der eben angeführten Manipulationen.

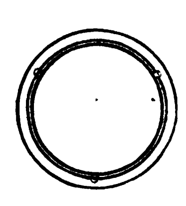
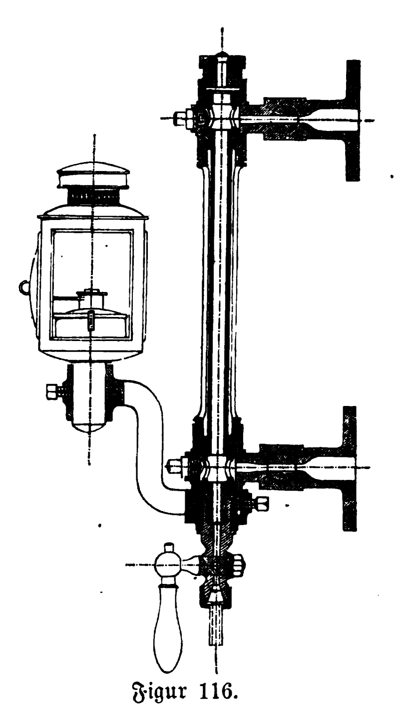


Fig. 114 u. 115.



Figur 116.

Das Abdampfrohr ist an dem äußeren (unteren) Rauchrohr befestigt und mit demselben leicht nach oben herausnehmbar, da dieses seine Befestigung nach unten hin nur durch den Blechkonus erhält, welcher an das innere Kesselmantelrohr genietet ist.

Der Querschnitt des Rauchrohres beträgt:

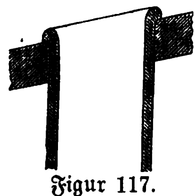
$$\frac{\pi}{4} \cdot 0{,}27^2 = 0{,}0572 \text{ Quadratmeter.}$$

Es ist die Einrichtung getroffen, daß während der Anheizperiode Frischdampf zur Zugerhöhung benutzt werden kann, natürlich erst von dem Moment an, in welchem die Dampfpressung genügend hoch (mindestens 1 Kilo Überdruck pro Quadratzentimeter) geworden ist.

Das Abdichten des oberen Kesselmantels mit dem unteren und dem inneren Kesselmantelrohr erfolgt durch 3 bis 4 Millimeter starke Scheiben aus vulkanisiertem Gummi mit zweifacher Hanfeinlage oder mit Hanfumlage, eventuell unter Zuhilfenahme von Mennige. Das Abdrehen der Dichtungsflächen und das Eindrehen von Dichtungsnuten in dieselben ist entschieden anzuraten; daß die Dichtungsscheiben höchstens bis zum Schraubenlochkreis reichen dürfen, ist selbstverständlich. Eine Schwierigkeit bietet dann die Dichtung weder bei der kalten Probe noch im Betriebe.

Bezüglich der Befestigung der Röhren in der Feuerbuchse sei nachstehendes bemerkt.

Bei den ersten Kesseln, welche ausgeführt wurden, wurden die Röhren nach Figur 117 einfach vernietet und dabei auf folgendes geachtet.



Figur 117.

Die Röhren, insbesondere die dem Feuer zunächst liegenden, werden eine höhere Temperatur annehmen als die Wandung der Feuerbuchse, infolge dessen werden die bei der hierdurch bedingten Mehrausdehnung einen Widerstand nicht findenden Röhren bestrebt sein, sich von der äußeren Wand der Feuerbuchse loszulösen. Mit Rücksicht hierauf würde sich als Material für die Röhren Stahl empfohlen haben, da dessen Wärmeausdehnungskoeffizient nach den üblichen

Angaben im Verhältnis von $\frac{0,1079}{0,1255} = 1 : 0,874$ geringer ist als derjenige des Schmiedeeisens, des Materials der Feuerbuchse. Doch wurde bei der Unzuverlässigkeit, welche dem Stahlmaterial im allgemeinen z. B. noch anhaftet, und infolge der hoch zu haltenden Bedingung, daß das Rohmaterial sich gut vernieten lasse, also zäh sein muß, von der Verwendung von Stahlröhren abgesehen und zu schmiedeeisernen Röhren gegriffen.

Jedes gut ausgeglühte und vom Zunder befreite Rohr wurde nun in die Feuerbuchse eingeschoben, nachdem vorher die beiden korrespondierenden Löcher derselben mittelst einer besonders für diesen Zweck hergestellten Reibahle mit zwei gegen einander stellbaren schwach konischen Fräsfläche ausgerieben worden waren, dann auf die erforderliche Länge abgeschnitten und an dem einen Ende vernietet. Hierauf wurde ein entsprechend großes und erhitztes Stück Rundeisen in das Innere des Rohres eingelegt und das andere Ende des Rohres vernietet. Die hierdurch eintretende Erwärmung des letzteren in seinem mittleren Teile bezweckte im voraus eine gewisse Spannung in dem eingenieteten Rohr wachzurufen, genügend den nachteiligen Einfluß des oben erwähnten Plus an Erhöhung der Temperatur des Rohres gegenüber der Feuerbuchswandung zu paralysieren, sowie der bei der Vornahme der gesetzlich vorgeschriebenen Druckprobe überschießenden Deformation der Feuerbuchse Rechnung zu tragen.

Sämtliche Röhren wurden in dieser Weise eingezogen und vernietet, die weit vom Zentrum abgelegenen Rohre erforderten hierbei eine ganz besondere Sorgfalt.

Um die dem Durchmesser zunächst liegenden Röhren gleichzeitig zur Versteifung der Feuerbuchse zu benutzen, wurde zum Aufwalzen derselben mittelst des bekannten drei Stahlrollen besitzenden Rohrverdichtungsapparates (Rohrdichtwalze) übergegangen. In Figur 118 ist diese Form des aufgewalzten Rohres karikiert gezeichnet.

Damit diese Befestigungsweise sich für alle Röhren durchführen läßt, wird eine Krümmung der nach der Peripherie zu gelegenen erforderlich. Dieselbe darf jedenfalls nur soweit gehen, als es die Rücksichten auf die Reinigung der Röhren gestatteten.

Figur 118.

Der Kessel ist für eine Maximalpressung von 8 Kilo Überdruck pro Quadratzentimeter gebaut.

Er besitzt keine Umhüllung zum Schutz gegen Wärmeverluste. Wenn es auch keinem Zweifel unterliegt, daß eine Umhüllung die Dauer der Anheizperiode und den Konsum an Brennmaterial um etwas verringert, so ist anderseits nicht zu übersehen, daß undichte Stellen und dergleichen, welche im Laufe der Zeit entstehen sollten, nicht so schnell in ihrer Bedeutung erkannt werden können. Die zwischen Umhüllung und Kesselmantel am Fuße des Kessels hervortretende Flüssigkeit (Wasser oder Dampf) wird zwar auf einen Defekt hinweisen, doch pflegen Kesselwärter infolge der häufigen Wiederkehr bedeutungslosen Leckens derartige Erscheinungen leicht zu nehmen, sofern sich ihre Bedeutung nicht direkt erkennen läßt. Mit Rücksicht hierauf und in Erwägung, daß Dampfspritzenkessel verhältnismäßig hoch beansprucht sind, nicht immer unter sachverständiger und aufmerksamer Bedienung stehen und auch nicht selten unter Verhältnissen benutzt werden, die eine Aufregung

der Bedienungsmannschaft im Gefolge haben, entschied man sich für Weglassung der Umhüllung.

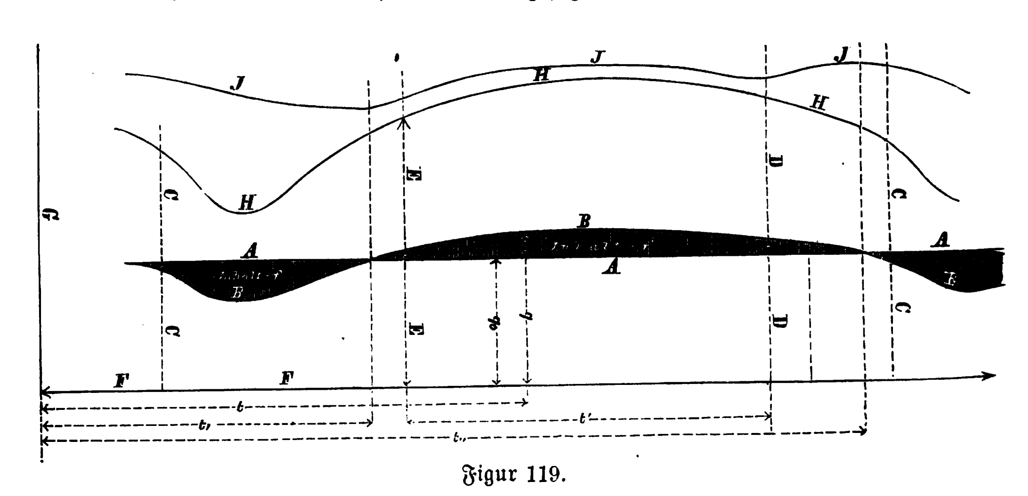
Um den Eintritt des Regens in den Feuerraum (vor oder während der Anheizperiode oder bei längerem Stillstande u. s. w.) zu verhindern, empfiehlt sich das Abschließen des Schornsteinausganges mittelst einer Klappe oder eines Drehschiebers.

Zur Erkennung des Wasserstandes sind zwei Wasserstandsapparate je mit Schutzhülse, sowie drei Probierhähne angeordnet, Figur 116. Die Wasserstandsgläser müssen während des Arbeitens bei Nacht beleuchtet werden können, und ist daher hier eine Laterne angebracht wie in Figur 116 zu ersehen.

Das von den Probierhähnen und den Abflußhähnen der Wasserstandshahnköpfe beim Gebrauch abfließende Wasser ist im Interesse der Reinlichkeit durch Rohre nach abwärts zu leiten. Zur Messung der Dampfspannung dienen zwei Leuchtmanometer mit transparenter Skala (Rau's Patent). Speisevorrichtungen sind drei angeordnet: Handpumpe, Maschinenspeisepumpe, Injektor. Außerdem pflegen die Dimensionen der Dampf- und der Pumpenkolben der Dampfpumpe so bemessen zu sein, daß auch direkt aus dem Druckwindkessel Wasser in den Dampfkessel gefördert werden kann.

Hinsichtlich des Speisens sei darauf aufmerksam gemacht, daß die diskontinuierlich vor sich gehende Beschickung des Rostes, eine ungleichmäßige Wärmeentwickelung auf demselben zur Folge hat, welche infolge der kontinuierlichen Dampfentnahme ein diskontinuierliches Speisen bedingt, sofern die Dampfpressungen möglichst wenig schwanken sollen. Diese sind unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen um so kleiner, je größer $Gw + \Sigma G\gamma$ und je kleiner die Zwischenräume von Beschickung zu Beschickung. Die untere Grenze des letzteren ist durch die Rücksicht bestimmt, daß zu kurze Perioden auf den Heizeffekt infolge des Einströmens kalter Luft bei jeder Öffnung der Heizthüre nachteilig einwirken. Für bestimmte Verhältnisse hat ein gewandter Heizer die richtige Größe des fraglichen Zeitraumes bald ermittelt.

Figur 119 verdeutlicht das oben gesagte.



Figur 119.

Es bedeuten für dieselbe:

q diejenige Wärmemenge, welche zur Zeit t pro Sekunde in die

Kesselmassen übergehen würde, wenn die Intensität der Wärmeentwickelung auf dem Roste während der betrachteten Sekunde konstant bliebe;

q_0 diejenige Wärmemenge, welche pro Zeiteinheit den Kesselmassen entnommen wird; sie darf für eine bestimmte Tourenzahl der Dampfpumpe als konstant angenommen werden;

a das Gewicht des pro Sekunde durch die Speisepumpe in den Kessel geförderten Wassers;

T_0 dessen Temperatur;

t^1 die Dauer der Speiseperiode, von welcher zu fordern ist, daß sie zwischen t_1 und t_2 liegt;

b das Gewicht des zur Zeit t_1 in dem Kessel enthaltenen Wassers;

Gw das Gewicht des zur Zeit t^1 in dem Kessel enthaltenen Wassers;

G_2w das Gewicht des zur Zeit t_2 in dem Kessel enthaltenen Wassers;

T_1 die Temperatur der Kesselmassen zur Zeit t_1, sie werde gleich gesetzt der Temperatur, welche der zur Zeit t^1 herrschenden Dampfpressung entspricht;

T_2 die Temperatur der Kesselmassen zur Zeit t_2, sie werde gleich gesetzt der Temperatur, welche der zur Zeit t_2 herrschenden Dampfpressung entspricht;

T_1 und T_2 sollen innerhalb enger Grenzen liegen.

Für einen Dampfkessel wie den vorliegenden variiert die Dampfpressung im Fall forcierten Betriebes zwischen 6,5 und 7,25 Atm. Überdruck entsprechend $T_1 = 168{,}1$ und $T_2 = 172{,}1$, ohne daß hierzu eine mehr als gewöhnliche Gewandheit des Heizers erforderlich ist. Wir können deshalb mit genügender Genauigkeit die in 1 Kilo Dampf enthaltene Wärme, gleichgiltig ob dieselbe zur Zeit t_1 oder t_2 entnommen wurde, gleich einer Konstanten a setzen, welche für das angeführte Beispiel

$$606 + 0{,}305 \frac{T_1 + T_2}{2} = 658$$

sein würde. Von der spezifischen Wärme des Wassers und derjenigen der Kesselmaterialien wird angenommen, sie seien konstant. Dann ist

$$(\Sigma G\gamma + Gw)\, T_1 + \int_{t_1}^{t_2} q\,dt - q_0 (t_2 - t_1) + a t_1 T_0 = (\Sigma G\gamma + G_2 w)\, T_2.$$

Durch Substitution von

$$G_2 w = Gw + a t^1 - b (t^2 - t_1)$$

und

$$q_0 = \alpha b + \beta,$$

worin β den Wärmeverlust der Kesselmassen an die Atmosphäre und an die anderen anschließenden Metallteile des Fahrzeuges u. s. w. zum Ausdruck bringt, resultiert

$$T_2 - T_1 = \frac{\int_{t_1}^{t_2} q\,dt - (\alpha b + \beta)\, t_2 - t_1) - a t^1 (T_2 - T_0) + b (t_2 - t_1)\, T_1}{\Sigma G\gamma + Gw}$$

$$T_2 - T_1 = \frac{f - a t^1 (T_2 - T_0) + b (t_2 - t_1)\, T_2}{\Sigma G\gamma + Gw} =$$

$$= k \frac{f - a t_1 (T_2 - T_0) + b (t_2 - t_1)}{t_0 F} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Diese Gleichung (2) kann infolge des Mangels der Kenntnis des Gesetzes, nach welchem q mit t sich ändert, zu einer Berechnung der zu erwartenden Pressungsschwankungen nicht benutzt werden, wohl aber zeigt sie den Einfluß der einzelnen Elemente auf die Größe der Schwankungen.

Die Ermittelung von f für eine bestimmte Kategorie von Kesseln würde sich durch Beobachtung der qu. T_2 und T_1 gehörigen Pressung, der Zeiten t_1 und t_2 und t^1 ausführen lassen.

Da nun solche Beobachtungen noch nicht vorliegen, so müssen wir uns darauf beschränken, daß sich für Kessel mit dem mittleren Wert

$$\frac{\Sigma G\gamma + Gw}{F} = 18$$

und mit
$$\frac{a}{b} = 2—2,5*).$$

Die Schwankungen der Dampfpressung selbst bei forciertem Betriebe innerhalb 10% der mittleren Pressung von 7 Kilo Überdruck erhalten lassen.

Für die Größe des Wasserstandsvolumens genügt 2,5 · F Liter (F in Quadratmetern).

Die Speisevorrichtnng soll eine Regulierung des gelieferten Wasserquantums gestatten (Einschaltung eines Hahns zwischen Saug- und Druckraum der Speisepumpe). Unter Bezugnahme auf Figur 119 sei noch hervorgehoben, wie das sofort nach erfolgtem Schnitt des aufsteigenden Astes der Kurve der q mit der Linie der q_0 geschehende Steigen der Dampfpressung dem Heizer den Zeitpunkt des Beginns der Speisung anzeigt. Daß der Heizer und nicht der etwa vorhandene Maschinist speisen muß, ist aus dem Erörterten klar.

Die zur Ermittelung der Leistungsfähigkeit der Querröhrenkessel angestellten Versuche konnten leider nicht bis zur Ermittelung des Maximums getrieben werden.

Die zu einem nach Maßgabe der nach Figuren 111—116 gebauten und gleich großen Kessel gehörige Dampfpumpe:

zwei Dampfzylinder je 130 Millimeter Durchmesser
und 220 Millimeter Hub,
schädlicher Raum 6% (notwendig infolge der großen Kolbengeschwindigkeit),
Füllung 93%,
Durchmesser der Kolbenstange 25 Millimeter,

war nicht im stande, bei ganz geöffnetem Dampfabsperrventil und bei der Umgangszahl von 240 im Mittel pro Minute den erzeugten Dampf vollständig zu verbrauchen. Da eine Steigerung der Tourenzahl über 240 das Maß des sachlich Zulässigen überschritten haben würde, so entfiel die Möglichkeit, das Volumen des im Maximum erzeugbaren Dampfes zu messen. Wir müssen uns deshalb mit der Kenntnis der n = 240 erlangten, im Folgenden angegebenen Leistungen begnügen.

Mittlere Dampfpressung während des Versuches

$$\frac{6,8 + 7,4 + 7,2 + 7,3 + 7,1 + 6,8 + 7,4 + 6,2}{8} = 7,0 \text{ Kilo Überdruck.}$$

Beobachtung durch die beiden mit dem amtlichen Kontrollmanometer übereinstimmenden Manometer).

Steinkohlenverbrauch pro Stunde 180 Kilo

---

*) Je größer $\frac{a}{b}$, umsomehr beeinflußt die einfach wirkende Speisepumpe nachteilig die Regelmäßigkeit des Ganges der Dampfpumpe. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich selbst bei einer regulierbaren Speisevorrichtung, $\frac{a}{b}$ nicht größer als nötig zu machen.

Während des Versuches war der Betrieb der Dampfpumpe ein forcierter, er forderte die ganze Aufmerksamkeit des gleichzeitig als Heizer fungierenden Maschinisten. Rücksicht auf Ökonomie im Kohlenkonsum konnte nicht genommen werden. Der Zug war ein außerordentlich intensiver.

Der Dampfkonsum pro Umdrehung beträgt, sofern 5% Dampfverlust in Anrechnung gebracht werden

$$4 \cdot \frac{\pi}{4} (1{,}3^2 - 0{,}5 \cdot 0{,}25^2) \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}06 \cdot 0{,}93 \cdot 1{,}05 = 11{,}865 \text{ Liter.}$$

Absolut genommen ist die Dampfpressung

$$\frac{7 + 1{,}0333}{1{,}0333} = 7{,}77 \text{ oder rund } 7{,}75 \text{ Atm.}$$

Nach Zeuner's Tabelle von Grashof beträgt das spezifische Gewicht des Dampfes von dieser Pressung 0,004149, folglich der Dampfraum

pro Umdrehung $= 11{,}865 \cdot 0{,}004149 = 0{,}0492$ Kilo

pro Stunde $= 0{,}0492 \cdot 240 \cdot 60 = 708{,}5$ Kilo.

Hiernach erzeugt der Kessel mit Sicherheit

Dampf pro Quadratmeter Heizfläche $\frac{708}{8{,}69} = 81{,}5$ Kilo,

Dampf pro Kilo Steinkohlen . . . . $\frac{708}{180} = 3{,}93$ Kilo.

Verbrannt wurden

Steinkohlen pro Quadratmeter Rostfläche $\frac{180}{0{,}557} = 323$ Kilo,

Steinkohlen pro Quadratmeter Heizfläche $\frac{180}{8{,}69} = 20$ Kilo.

Die erlangten Resultate weisen unter Berücksichtigung aller Verhältnisse deutlich auf die vorzügliche Qualität der Heizfläche hin.

Die Dauer der Anheizperiode für Kessel nach Maßgabe des vorliegenden, für welchen

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \frac{8{,}69}{0{,}557} = 15{,}6$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = \frac{0{,}557}{0{,}0572} = 9{,}7$$

$$\frac{\text{Querrohrheizfläche}}{\text{Gesamtheizfläche}} = \frac{6{,}23}{8{,}69} = 0{,}72$$

bestimmen sich aus

$$t_0 = k \frac{G w + \Sigma G \gamma}{F}$$

mit $k = 0{,}5 = 1/2$.

Reduktion von k auf 0,45 ist erzielbar.

Für den Versuchskessel beträgt t_0 rund 9 Minuten; zum Anheizen sind erforderlich 13 bis 14 Kilo trockene Hobelspäne und klein gespaltenes Holz (womöglich Kiefer) in Stücken von etwa 300 Millimeter Länge und etwa 20 Millimeter Breite bei 20 bis 40 Millimeter Höhe, 7 bis 10 Kilo Steinkohlen in Stücken von etwa 25 bis 60 Kubikzentimeter Inhalt. Von der in dieser Quantität Brennmaterial enthaltenen Wärme geht während der Anheizperiode etwa 1/4 bis 1/5 in die Kesselmassen über.

Es wird von Interesse sein, den Wert von k für einen zwar ähnlichen, jedoch abweichend konstruierten Kessel zu ermitteln. Ein solcher ist vorhanden.

Das bereits auf Seite 241 erwähnte Gutachten behandelt außer der Silsby-Spritze noch eine (die erstgebaute, 1877) Dampffeuerspritze von G. A. Jauck.

Über den in Figur 120 dargestellten Kessel derselben Firma macht das Gutachten folgende Angaben:

Kesselhöhe ohne Wölbung	1280	Millimeter
Durchmesser	650	"
Blechstärke im Mantel	9	"
Blechstärke der Decke	11	"
Höhe der Feuerbuchse	1000	"
Durchmesser der Feuerbuchse, oben	469	"
" " " unten . . .	780	"
Blechstärke im Mantel	11	"
Blechstärke der Decke	13	"
Zahl der vertikalen Röhren	23	
Länge derselben	775	"
Durchmesser derselben außen	22	"
Wandstärke	1,75	"
Zahl der Querröhren	112	"
Länge derselben	360—480	"
Durchmesser derselben	22	"
Totale Heizfläche (bei 100 Millimeter Wasserstand über der Feuerbuchse)	6,1	Quadratmeter
Rostfläche	0,48	"
Rostfugenfläche	0,24	"
Breite der Roststäbe	10	Millimeter
Breite der Rostfugen	10	"
Wasserraum bei 40 Millimeter Wasserstand über der Feuerbuchsendecke	137	Liter
Wassertemperatur	22° C.	

Zum Anheizen wurden verwendet eine geringe Menge Hobelspäne, 15 Kilo kleingespaltenes Holz, Zwickauer Steinkohlen, deren Menge man dem Ermessen des Heizers anheimgestellt hatte.

Von dem Moment des Anzündens des Brennmaterials verstrichen folgende Zeiten:

bis zum Erscheinen des Rauches am Schornsteinkopf . .			15 Sek.
" " Eintritt einer Dampfspannung von 1 Atm.	15 Min.		35 "
" " " " " " 2 "	17 "		42 "
" " Anlassen der Maschine	19 "		1 "
" " Eintritt einer Dampfspannung von 3 Atm.	19 "		43 "

Leider wurden die Zeitbeobachtungen nicht weiter fortgesetzt, weil, wie das Gutachten sagt, „die Erreichung der höheren Spannungen (wohl infolge zu frühen Anlassens der Maschine) unverhältnismäßig lange Zeit erfordert, und weil die Frage, welcher Spritze in Hinsicht auf Schnelligkeit des Anheizens der Vorzug zu geben ist, schon bei 3 Atm. zur Evidenz entschieden angesehen werden kann".

Zur Bestimmung der fehlenden Beobachtungen müssen wir die letzte ausscheiden, da das Anlassen der Maschine auf die Anheizperiode verlängernd eingewirkt hat. Um die Dampfpressung von 2 Atm. absolut auf 3 Atm. zu erhöhen, vergingen 2′ 7″ = 127″.

Der ersten Spannung entspricht eine Temperatur von 120,6° C., der letzteren von 133,9° C.

Wir wollen annehmen, daß für weitere Erhöhung der Spannung der

Zeitaufwand proportional den entsprechenden Temperaturdifferenzen sei. Dann wird bis zur Erzeugung einer Dampfspressung von 5 Kilo Überdruck, entsprechend einer Temperatur von 158° C., ein Zeitraum von

$$17' 42'' + 127'' \frac{157{,}9 - 133{,}9}{133{,}9 - 120{,}6} = 17' 42'' + 127'' \frac{24}{13{,}3}$$
$$= 17' 42'' + 3' 49'' = 21' 31''$$

vergehen.

In den bereits erwähnten Mitteilungen über den zehnten deutschen Feuerwehrtag zu Stuttgart 1877, auf welchem die Jauck'sche Spritze ausgestellt war, findet sich bezüglich derselben folgende Notiz:

„Zeitdauer vom Anheizen

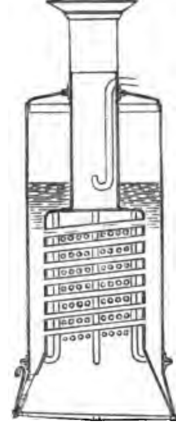
bis 1	Atm.	Überdruck	17 Minuten
„ 2	„	„	19,5 „
„ 3	„	„	20,5 „
„ 4	„	„	22 „

Wasserstand ging nur soweit als die Heizrohre."

Wahrscheinlich wurde zwischen 3 und 4 Atm. der Rost beschickt.

Bei der am 12. Mai 1877 in Leipzig stattgehabten Prüfung derselben Maschine, vergingen 22½ Minuten bis zur Erzeugung von 5 Atm. Überdruck.

Diese Angaben befinden sich mit Rücksicht auf die vielen Zufälligkeiten, welche bei derartigen Proben hier und da einzutreten pflegen, in genügender Übereinstimmung mit der oben berechneten Zahl.



Figur 120.

Der Wert von $\Sigma G\gamma$ bestimmt sich aus den oben angeführten Daten des Gutachtens und unter sachgemäßer Annahme von Werten für mangelnde Annahme, zu

$$\Sigma G\gamma = 79.$$

Nun ist für diesen Kessel, für welchen

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = 13,$$

$$\frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 13$$ (ohne Berücksichtigung der Verengung durch das Rauchrohr),

$$\frac{\text{Querröhrenheizfläche}}{\text{Gesamtheizfläche}} = 0{,}55,$$

$$21{,}52 = k \frac{137 + 79}{6{,}1}$$

folglich

$$k = 0{,}61.$$

Die Abweichungen von 0,61 — 0,5 = 0,11 der Werte von k für die beiden Kessel dürfte etwa mit 0,06 auf Rechnung der geringeren Qualität der Heizfläche des Kessels in Figur 120 (hier nur 55% Querröhrenheizfläche, dort 72% u. s. w.), mit 0,05 auf Rechnung der geringeren Intensität des Zuges (Rauchrohrquerschnitt klein) zu setzen sein.

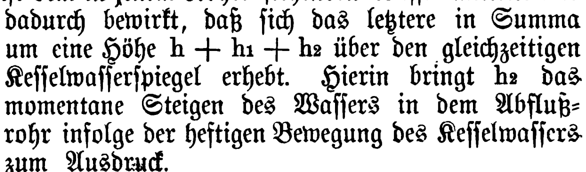
Die verhältnismäßig geringe Differenz bestätigt die Brauchbarkeit der Gleichung (1).

Von besonderer Wichtigkeit für einen Dampfspritzenkessel ist die Anordnung einer wirksamen Wasserabscheidung. Da nahezu der ganze Dampf (nehmen wir 650 Kilo von jenen 708,5 Kilo) bei dem Querröhrenkessel durch

die eine (die größere) Hälfte der Ringfläche zwischen Kesselmantel und Feuerbuchse nach oben entweichen muß und diese Hälfte nur 0,0355 Quadratmeter beträgt, so entspricht dies dem Entsteigen von $\frac{650}{0{,}0355}$ = rund 18 000 Kilo Dampf pro Stunde und pro Quadratmeter Wasserfläche. Dieser Dampf muß demnach außerordentlich viel Wasser mit sich reißen. Zur Abscheidung des Wassers bleibt hier kein andereres Mittel als die Zentrifugalkraft.

Für Dampfspritzenkessel verdient hierbei folgender Umstand sorgsame Beachtung:

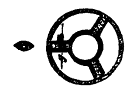
Die Verwendung des angegebenen Mittels hat zur Folge eine gewisse Differenz zwischen der Pressung des Dampfes im Kessel und derjenigen Pressung, welche da herrscht, wo die Abscheidung des Wassers erfolgt. In dem Rohre, welches das abgeschiedene Wasser in den Kessel zurückführt, wird sich das Kesselwasser infolge dieser Druckdifferenz um eine Höhe h über den Wasserspiegel im Kessel erheben, welche jener Differenz entspricht. Zu h gesellt sich zunächst noch eine Höhe h_1, erforderlich, damit das abgeschiedene Wasser in das Kesselwasser zurückfließen kann. Da nun die Dampfentwickelung eine außerordentlich heftige ist, so befindet sich der Kesselwasserspiegel in heftiger Bewegung, welche sich auch notwendiger Weise dem in jenem Rohre stehenden Wasser mitteilt und dadurch bewirkt, daß sich das letztere in Summa um eine Höhe $h + h_1 + h_2$ über den gleichzeitigen Kesselwasserspiegel erhebt. Hierin bringt h_2 das momentane Steigen des Wassers in dem Abflußrohr infolge der heftigen Bewegung des Kesselwassers zum Ausdruck.

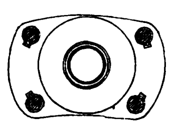


Liegt nun das Niveau, in welchem die Abscheidung des Wassers vom Dampfe erfolgt, um H über dem höchsten Wasserstande des Kessels und ist

$$H \leqq h + h_1 + h_2,$$

so wird das Kesselwasser in den Wasserabscheider treten und demselben die Erfüllung seines Zweckes unmöglich machen. Diese Gefahr liegt bei den Dampfspritzenkesseln, bei deren Konstruktion man mit den Dimensionen nach allen Richtungen eingeschränkt ist, und bei denen insbesondere die Kesseldecke nur wenige Dezimeter über dem höchsten Wasserstand im Kessel sich erhebt (im vorliegenden Fall 313 Millimeter), sehr nahe, besonders dann, wenn die lokalen Verhältnisse der Brandstelle eine Aufstellung der Dampffeuerspritze auf schiefer Ebene derart bedingen, daß sich H noch wesentlich erniedrigt.





Figuren 121 bis 124.

Der in den Figuren 121 bis 124 dargestellte Wasserabscheider, dessen Form zugleich mit dadurch bedingt war, daß er zunächst als Ersatz für einen nicht genügend wirksamen Apparat konstruiert wurde, wird die Bestrebungen, den besprochenen Eigentümlichkeiten Rechnung zu tragen, deutlich erkennen lassen.

H wurde so groß gemacht, als es mit Rücksicht auf die Höhenlage der Dampfpumpe zulässig erscheint;

h wurde durch möglichst große freie Querschnitte und durch sauberes Bearbeiten der Flächen, an denen das aus dem Kessel kommende Gemisch von Dampf und Wasser entlang strömt, nach Möglichkeit niedrig gehalten:

h_1 durch genügende Weite des Abflußrohres thunlichst reduziert;

h_2 durch Erweiterungen und plötzliche Verengungen, welche der von unten nach oben sich bewegenden Wassersäule Widerstand bieten, in enge Grenzen gewiesen.

Der Wasserabscheider funktioniert bei einer Dampfentnahme von 708 Kilo (7 Kilo Überdruck) durch die Zwillingsdampfpumpe, deren Dimensionen bereits oben angeführt wurden, vollständig zufriedenstellend, obgleich die Größe H zuweilen bis auf 330 Millimeter zurückgeht.

Versuche ohne den Wasserabscheider ergaben als Resultat die Notwendigkeit der Zuführung von 1405 Kilo Speisewasser während 70 Minuten, also von rund 1200 Kilo während der Stunde. Da die Dampfpumpe nicht im stande war, mit so nassem Dampf 240 Touren zu machen, so wurde der überschüssig erzeugte nasse Dampf durch die Sicherheitsventile in die Atmosphäre entlassen.

Werden rund 450 Kilo Wasser als durch den Wasserabscheider getrennt angenommen, so würde pro Sekunde $^1/_8$ Liter Wasser durch das Abflußrohr in den Kessel zurückfließen müssen.

Bei der Konstruktion des Wasserabscheiders ist es rätlich, davon auszugehen, daß derselbe ein Wasserquantum gleich dem Gewicht des im Maximum abgezogenen Dampfes abscheiden kann.

Die Prüfung des Wasserabscheiders läßt sich einfach in der Weise vornehmen, daß man untersucht, ob die Dampfpumpe bei ganz geöffnetem Dampfabsperrventil (Regulator) bei der Maximal-Dampfspannung die Maximal-Umgangszahl mit entsprechender Nutzleistung vollführt. Ist dies nicht der Fall, so spricht dies dafür, daß mit dem Dampf viel Wasser in den Dampfzylinder tritt, d. h. daß der Wasserabscheider ungenügend funktioniert.

Zusammenfassung. Für Dampffeuerspritzen eignen sich in erster Linie die Kessel mit Querröhren. Dann kommt der Field-Kessel. Der Lotta-Kessel erscheint nicht geeignet, empfohlen zu werden, ganz abgesehen davon, daß eine Veranlassung zur Verminderung der Dauer der Anheizperiode auf 4 oder 5 Minuten nicht vorliegt.

Dauer der Anheizperiode. a) Für den Kessel mit Querröhren nach Figuren 105 bis 113, ohne Umhüllung

$$t_0 = {}^1/_2 \frac{\Sigma G\gamma + Gw}{F}$$

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 15 \cdot \frac{\text{Rauchrohrquerschnitt}}{\text{Rostfläche}} = 9 \text{ bis } 10.$$

Querröhrenheizfläche mindestens 70% der Gesamtheizfläche. Minimum t_0 = 8 bis 10 Minuten.

Die Reduktion des Koëffizienten **k** von 0,5 auf 0,45 kann als erzielbar angesehen werden.

b) Für den Field-Kessel nach Figuren 99 und 100 mit Umhüllung

$$t_0 = {}^2/_3 \frac{\Sigma G\gamma + Gw}{F}$$

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 18 \frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 10 \text{ bis } 12.$$

Minimum t_0 = 9 bis 12 Minuten.

c) Für den Field-Kessel nach Figuren 102 bis 104 mit Umhüllung

$$t_0 = {}^2/_3 \frac{\Sigma G\gamma + G_w}{F}$$

$$\frac{\text{Heizfläche}}{\text{Rostfläche}} = \text{etwa } 28 \quad \frac{\text{Rostfläche}}{\text{Rauchrohrquerschnitt}} = 7.$$

Minimum t_0 = 9 bis 11 Minuten (amerikanische Konstruktion)

$\Sigma G\gamma$ pflegt zu sein 7 • F bis 11 • F.

Gw „ „ „ 8 • F bis 12 • F.

In kompetenten Feuerwehrkreisen erachtet man t_0 = 12 Minuten für genügend kurz. Es dürfte im Interesse beider Teile liegen, wenn die Besteller den über das Ziel schießenden Bestrebungen der Fabrikanten, ein möglichst kleines t_0 zu realisieren (natürlich meist auf Kosten der Dauer und der Betriebssicherheit des Kessels) dadurch ein Ende machen würden, daß sie für t_0 eine obere Grenze und gleichzeitig einen Wasserraum von etwa 12 • F bis 15 • F bedingen. Das hierdurch erlangte Plus an Wasserraum würde zur Verstärkung des Wasserkörpers zwischen Feuerbuchse und Kesselmantel zu verwenden sein. Um die Dauer der Anheizperiode nicht über die jetzt übliche Größe zu erhöhen und doch die im Interesse der Dauer des Kessels wünschenswerte Vergrößerung des Raumes zwischen Feuerbuchse und Kesselmantel eintreten lassen zu können, empfiehlt sich folgende Einrichtung.

Der Kessel der zum Abrücken nach der Brandstelle bereit stehenden Dampffeuerspritze wird mit einem stationären Vorwärmer, welcher mittelst einer oder mehreren Gasflammen oder in anderer Weise geheizt werden kann, so in Verbindung gesetzt, daß sein erwärmtes Wasser stetig durch den Kessel zirkuliert. Würde durch diesen Vorwärmer die Temperatur des Wassers fortdauernd auf etwa 50° C. gehalten, so wäre eine Vermehrung von Gw um 30—40% zulässig, ohne daß t_0 größer resultieren würde. Die Kosten hierfür dürfen im Vergleich zu den übrigen Ausgaben für die stetige Bereitschaft (2 Pferde, Kutscher, Maschinist, Heizer u. s. w.) nicht schwer in die Wagschale fallen.

Für den Winter findet eine ähnliche Vorrichtung schon seit längerer Zeit bei der Berliner Feuerwehr Verwendung.

Die Maximal-Dampfproduktion kann angenommen werden:

a) Für den Kessel mit Querröhren mit Sicherheit zu 80 Kilo pro Stunde und pro Quadratmeter Heizfläche, sofern die Querröhrenheizfläche mindestens 70% der Gesamtheizfläche beträgt.

b) Für den Field-Kessel zu 50—60 Kilo pro Quadratmeter Heizfläche (Schätzung).

Durchmesser der Querröhren .	1" engl. =	25,4	Millimeter	oder
	7/8" „ =	22,2	„	
Wandstärke der Querröhren .	etwa	2	„	
Durchmesser der Field-Röhren	9/8" engl. =	28,6	„	oder
	5/4" „ =	32	„	
Wandstärke der Field-Röhren		2—3	„	

Die Speisevorrichtung hat das 2—2,5 fache Gewicht des zu produzierenden Dampfes zu liefern. Wenn möglich soll sie regulierbar sein.

Wasserstandsvolumen = 2,5 • F Liter (F in Quadratmeter). Wirksamer Wasserabscheider.

Vierter Abschnitt.

Festigkeit der Kesselbleche.

Die genaue Kenntnis der Festigkeit von denjenigen Materialien, also die Bleche, welche zur Anfertigung der Dampfkessel verwendet werden, ist eine unerläßliche Bedingung, sobald man eine rationelle Fabrikation in das Auge faßt; diese Festigkeit muß bekannt sein, weil man nur dann über die Größe der Widerstandsfähigkeit gegen eine bestimmte Dampfspannung ein Urteil zu fällen im stande ist. Von der Festigkeit dieser Materialien können wir uns aber nur durch Biegungs- und Zerreißversuche ein Urteil verschaffen. Die in dieser Richtung angestellten Versuche sind nicht mehr so ganz neu, leider aber mit Rücksicht auf ihre Wichtigkeit noch wenig zahlreich, und da nun auch noch die Resultate derselben wenig bekannt sind, so kam es vor, daß mehrere Walzwerke auf die an sie gestellten Bedingungen ohne Weiteres in dem Glauben eingingen, dieselben mit ihren vorhandenen Einrichtungen und bisherigen praktischen Erfahrungen erfüllen zu können. Indessen wurden sie bald von ihrem Irrtum überzeugt.

Die Versuche werden natürlich nur dann zu richtigen Resultaten führen, wenn sie im Verein mit Fachleuten und womöglich am Fabrikorte selbst vorgenommen werden, wie dies schon seit einigen Jahren von einigen (ältesten) Dampfkessel-Überwachungsvereinen und Staatsbehörden geschieht. Die von dieser Seite gestellten Lieferungsbedingungen sind freilich etwas scharf und stehen damit die Preise der Kessel, welche namentlich bei Submissionen offeriert werden, oft nicht im Einklang. Entweder arbeiten solche Kesselschmiede ohne jeglichen Verdienst, oder sie liefern nicht nach Vorschrift.

Rühmend mag erwähnt werden, daß schon mehrere Kesselfabrikanten die Aufgabe gelöst haben, solche Kessel herzustellen, die bei der Abnahme als tadellos zu bezeichnen waren.

Am allerwichtigsten sind die Feuerbleche, da diese schon allein durch die Stichflammen am meisten auszuhalten haben, und daher die allerbeste Qualität dazu verwendet werden muß, d. h. es ist hierbei eine sehr hohe absolute Festigkeit nicht notwendig, dagegen müssen sich aber die Haupteigenschaften derselben durch große Zähigkeit und Geschmeidigkeit auszeichnen.

Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieser Versuche nehmen wir hier gern Gelegenheit, die von fachmännischer Seite gewonnenen Resultate im nachstehenden zusammen zustellen.

Resultate der Probenahme an 3 verschiedenen Tafelfeuerblechen.*)

Die Streifen mit der Bezeichnung PR, PL, PM sind vom Rande der Tafeln herausgeschnitten und bedeuten, daß sie rechts, links oder aus der

*) Bericht über die im Jahre 1877 im Bezirke der Königl. Bergwerksdirektion zu Saarbrücken vorgenommenen Dampfkessel-Revisionen.

Mitte stammen, während PRR, PLL, PMM aus der Mitte der Tafel herausgeschnitten wurden und ebenfalls von rechts, links oder aus der Mitte herrühren.

1) Probestreifen von einem Feuerblech von 12 Millimeter Dicke, 2,65 Meter Länge. Dieselben wurden mit der Scheere abgeschnitten, im warmen Zustande gerade gerichtet und unbedeckt ließ man sie erkalten.

Tabelle LV.

Bezeichnung des Bleches.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgen soll. Grad.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgte. Grad.	Absolute Festigkeit pro □Millimet.	Ausdehnung der Faser.
PR Querfaser	60	46	32,5	3%
PM "	60	45	34,3	4 "
PL "	60	47	31,1	2 "
PR "	60	30	31,3	2 "
PM "	60	32	32,0	— "
PL "	60	35	30,55	4 "
PRR "	60	40	33,4	— "
PMM "	60	45	29,3	1 1/3 %
PLL "	60	45	38,35	4%
PL Langfaser	85	100	36,85	17 "
PM "	85	100	40,6	13 "

2) Probestreifen von einem Feuerbleche, 12 Millimeter dick, 2,68 Meter lang. Dieselben wurden auf der Hobelmaschine direkt aus der Tafel herausgehobelt und nicht wieder warm gemacht.

Bezeichnung des Bleches.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgen soll. Grad.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgte Grad.	Absolute Festigkeit pro □Millimet.	Ausdehnung der Faser.
PR Querfaser	60	65	33,8	10%
PM "	60	50	32,6	5 "
PL "	60	42	32,4	4,5%

3) Probestreifen von einem Feuerblech, 11 Millimeter dick, 2,2 Meter lang, vollständig kroisiert. Dieselben wurden mit der Scheere abgeschnitten, in warmem Zustande gerade gerichtet und ließ sie dann unbedeckt erkalten.

Bezeichnung des Streifens.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgen soll. Grad.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgte. Grad.	Absolute Festigkeit pro □Millimet.	Ausdehnung der Faser.
PR Querfaser	70	90	35,15	4 1/2 %
PM "	70	75	32,05	3 "
PL "	70	71	32,6	5 "
PR "	70	80	33,05	4 "
PM "	70	80	33,6	4 1/2 "
PL "	70	75	35,55	4 1/2 "

Bezeichnung des Streifens.	Biegungswinkel, bei welchem der Bruch erfolgen soll. Grad.	erfolgte. Grad.	Absolute Festigkeit pro Q.-Millimet.	Ausdehnung der Faser.
PRR Querfaser	70	70	35,0	$3^1/_2$ %
PMM "	70	78	35,7	4 "
PLL "	70	100	35,55	7 "
PL Langfaser	90	88	33,5	$5^1/_2$ "
PM "	90	90	34,11	$7^1/_2$ "

Die Resultate zeigen, daß die Biegungsfähigkeit einer Blechtafel von 2,65 Meter Länge, welche bis zu 2 Meter kroisiert und dann lang ausgewalzt, bei Weitem geringer ist, als diejenige einer Tafel, welche nur kroisiert und eine Länge von 2,2 Meter hat.

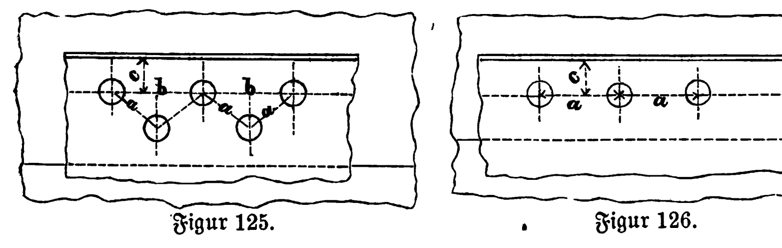
Der Bruch war in allen Fällen ein blättrig schräger mit reinem Metallglanze und ließ eine gesunde Schweißung guter Eisensorten erkennen.

Bei der Fabrikation der langen Platten hat sich gezeigt, das 50 bis 60% nicht brauchbar waren, während der Ausschuß bei den ganz kroisierten Tafeln ein verhältnismäßig geringer war.

Diese Versuche zeigen also, daß bei der Fabrikation der Feuerbleche erhebliche Schwierigkeiten zum Vorschein kommen, und daß dies hauptsächlich in der großen Länge der Tafeln liegt. Es scheint, als ob die Fasern bei dem Fertigwalzen dieser Bleche wieder zerstört würden, und daß auch das Erkalten des Materials bei dieser letzten Manipulation einen Einfluß ausübt, während dies bei den kürzeren Blechen, welche nur zweimal beim Walzen gedreht zu werden brauchen, nicht der Fall ist. Der Kesselrevisor Pinno, im Bezirk der Königlichen Bergwerksdirektion zu Saarbrücken, schlug daher vor, wie dies schon seit einigen Jahren an einigen Kesseln ausgeführt wurde, die Feuerbleche aus zwei Ringen herzustellen, von denen der vordere eine Länge von zirka 650 Millimeter hat, während der andere 2 Meter lang sein müßte. Auf diese Weise wird die zweite Rundnaht vollständig der Stichflamme entrückt, und die erste Rundnaht gar nicht von der Flamme berührt, da dieselbe zu weit vorliegt.

Aus derselben Quelle entnehmen wir noch die unten aufgestellte Tabelle über Nietungen der Dampfkessel. Dieselbe ist nach den folgenden Formeln berechnet. Durchmesser des Nietloches:

$$d = 4 + 1{,}4\,\delta,$$



Figur 125. Figur 126.

und hiernach die Nietstellung, wie in Figuren 125 und 126 angedeutet:

$$a = 10 + 2 \cdot d \text{ bis } 18 + 3 \cdot \delta,$$
$$b = 1{,}5 \cdot a \text{ oder}$$
$$b = 15 + 3 \cdot d \text{ bis } 27 + 4{,}5 \cdot \delta$$
$$c = 1{,}5 \cdot d.$$

Tabelle LVI.

I. Blechstärke.	II. Durchmesser des Nieteisens.	III. Durchmesser des Nietloches.	IV. Absolute Entfernung zweier Nietmittel.	V. Dieselbe in einer Nietreihe gemessen.	VI. Entfernung vom Nietenmittel bis zum Blechrande.
δ	d'	d	a	b	c Millimeter.
6	11	12	34—37	51— 54	18
7	13	14	38—41	57— 59	21
8	15	16	42—44	63— 65	24
9	17	18	46—49	69— 71	27
10	17	18	46—49	69— 71	27
11	18	20	50—53	75—77	30
12	20	22	54—57	81— 83	33
13	20	22	54—57	81— 83	33
14	22	24	58—61	87— 90	36
15	24	26	62—65	93— 95	39
16	24	26	62—66	93— 95	39
17	26	28	66—70	99—104	42
18	26	28	66—70	99—104	42
19	28	30	70—74	105—113	45
20	28	30	70—74	105—113	45

Da das Niet unter dem Kopf infolge des Stauchens dicker ausfällt, als das Nieteisen, aus dem es gefertigt ist, und da das Niet ferner sich durch Erhitzen bis zur Weißglühitze ausdehnt, so muß das Nietloch 1—2 Millimeter (je nach der Stärke des Nietes) weiter sein, als das Niet, was aus den Kol. II. und III. zu ersehen ist. Die Zahlen in diesen Kolonnen sind abgerundet und stimmen nicht genau nach den angegebenen Formeln, da es in der Praxis zweckmäßig ist, das Nieteisen in solchen Dicken zu beziehen, daß man Nieten von abgerundetem Durchmessermaß erhält.

In den Kol. IV. und V. sind die äußersten Grenzwerte der Entfernungen der Nietenmittel angegeben, da es immer vorkommen wird, daß die genaue Länge oder der genaue Umfang eines Stoßes nicht durch die Entfernung der Nieten ohne Rest teilbar ist; man nimmt in solchem Falle die zunächst liegende Zahl als Anzahl der Nieten an.

Es ist sehr zu empfehlen, daß sämtliche Nietlöcher der Feuerröhren gebohrt werden, und zwar sollte dies erst nach dem Biegen der Bleche geschehen, derart, daß zuerst an jeder Seite 2—3 Löcher gebohrt werden, worauf man die Verbindung vermittelst einiger Heftschrauben bewirkt, um schließlich dann die übrigen Löcher zu bohren.

Blechproben mit Blechen für 6 Dampfkessel; angestellt vom pfälzischen Dampfkessel-Revisionsvereine.

Die Bleche, welche von den Firmen Schulz, Knaudt & Komp. in Essen, und Duisburger Hütte in Duisburg geliefert, wurden erstens einer Bieg-, dann Zerreiß-, Loch- nnd Schmiedeprobe unterworfen, wodurch durchweg sehr gute Resultate geliefert wurden.

Die Lochproben wurden an kalten Blechstreifen von der dreifachen Breite des Lochstempels vorgenommen, sodaß also an den Seiten Material von der Breite einer Nietstärke stehen blieb. Diese Proben bestanden sämtliche Streifen.

Dann wurden Lochproben an Blechstreifen von derselben Breite vorgenommen, welche jedoch vorher in glühendem Zustande in kaltem Wasser abgekühlt worden waren. Diese Streifen bestanden die Proben mit wenigen Ausnahmen.

Die Biegeproben wurden auf der allgemein eingeführten Biegemaschine vorgenommen, während die Zerreißproben auf einer Maschine mit hydraulischem Drucke ausgeführt wurden.

Die Resultate, welche sich bei den Biegeproben ergaben, waren folgende:

Tabelle LVII.

Namen der Firma, welche die Kesselbleche geliefert hat.	Bezeichnung der Qualität.	Blechstärke in Millimet.	Wurden kalt gebogen ohne Bruch in der Richtung der	
			Langfaser zu Grad.	Querfaser zu Grad.
Schulz, Knaudt & Komp. in Essen.	I. Qualität Kesselblech.	14	60	55
"	"	14	90	47
"	"	14	90	60
"	"	9	90	70
"	"	8,5	90	90
"	"	7,8	90	90
"	H. K. P.	10	90	90
Alle Bleche mit wenigen Ausnahmen ließen sich bis zu 90° biegen ohne einen Bruch zu zeigen, dabei waren die Kanten nicht bearbeitet.				
Duisburger Hütte zu Duisburg.	I. Qualität Kesselblech.	16	40	20
"	"	16	60	20
"	"	16	50	25
"	"	16	40	20
"	Feuerrohr.	13	60	40
"	"	13	60	30
"	"	13	90	45
"	"	13	60	30
"	"	13	90	30

Die Resultate, welche sich bei den Zerreißproben ergaben, waren folgende:

Tabelle LVIII.

Nummer.		Ursprüngliche Breite der Bleche.	Ursprüngliche Stärke der Bleche.	Ursprünglicher Querschnitt der Bleche.	Bruchbelastung in Kilo pro 1 Qu.-Meter für den ursprüngl. Querschnitt.	Stärke der Bleche nach erfolgtem Bruche an der Bruchstelle.	Breite der Bleche nach erfolgtem Bruche an der Bruchstelle.	Querschnitt nach erfolgtem Bruche an der Bruchstelle.	Bruchbelastung in Kilo pro 1 Quadratmeter für den Querschnitt in der Bruchstelle.	Ausdehnung bis zum Bruch.	Kontraktion bis zum Bruch in Prozenten.	Qualitätsbezeichnung.	Lieferanten.
3	Langfaser	28,8	9,6	276,48	38,3	7,0	23	161	65,0	21%	42%	H. K. P.	Schulz, Knaudt.
3	Querfaser	29,5	10,6	312,70	38,0	9,1	24	218,4	54,0	23 „	31 „	„	
2	L.	30,6	9,2	281,5	38,3	7,4	27	199,8	53,5	19 „	29 „	*	„
2	Q.	30,1	9,1	273,9	34,1	8,2	28	229,6	40,7	11,5%	16 „	*	„
1	L.	29,5	12,7	374,6	36	11,0	26	286	47,0	18,5 „	23 „	S. K. & Komp.	„
1	Q.	29,5	12,8	377,6	34,6	11,4	27	307,8	42,5	11,2 „	18 „	„	„
7	L.	29	7,5	217,5	35,8	6,9	26	179,4	45	14 „	14 „	„	„
7	Q.	29,5	8,5	250,7	31	7,7	27,5	211,7	32,5	8 „	15 „	„	„
19	L.	35,2	12,7	447,0	36,9	11,2	30	336	49	20 „	24,8%	I. Qualität Kesselbleche	Duisburger Hütte.
19	Q.	37,2	13	483,6	37,6	12	35	420	43	11 „	13 „		
24	L.	33,5	15,5	519,2	35,6	12,6	31	390,6	46	22 „	24,7 „	„	„
24	Q.	35,2	15,6	549,1	27,3	15,2	34,5	524,4	28,6	3 „	4,5 „	„	„
10	L.	38,3	16,3	624,2	37,6	13,5	34	459	51	13 „	29 „	„	„
10	Q.	39,1	16,6	649,0	28,2	15,7	38,6	606,0	30,2	3 „	6,6 „	„	„
12	Q.	38,6	13,2	499,5	40,0	10	32,5	325	61	17 „	34 „	„	„
3	L.	37,1	15,7	582,4	38	18	32	416	53,3	20 „	28 „	„	„
3	Q.	35,4	16	566,4	36,3	14	34,1	477,4	42,9	10 „	15,8 „	„	„
5	Q.	41,4	13	538,2	39	11,5	38	437	48	10 „	18 „	„	„
21	Q.	—	—	—	36	—	—	—	—	7 „	—	„	„

Wie aus vorstehendem zu ersehen ist, sind die Resultate durchweg bedeutend höher als die Ansprüche gestellt werden. Bei Blechen, die keiner Kontrolle unterworfen worden, waren die Resultate in keiner Hinsicht lobenswert, trotzdem daß manchmal I. Qualität Kesselblech garantiert wurde. Es tritt jedoch hier auch die Frage auf, was ein Fabrikant unter erster Qualität Kesselblech versteht. Es hat diese Bezeichnung auch nicht den geringsten praktischen Wert für den Abnehmer. Dagegen hat es für den Fabrikanten den Wert, daß er einen besseren Preis bezahlt bekommt.

Sehr lobenswert ist es von seiten einzelner Blechfabrikanten, daß sie für bestimmte Qualitäten auch bestimmte Bruchfestigkeit und Ausdehnung garantierten. Es ist dieser der allein richtige Weg, um auch dem Kesselgeschäft ein reelles und solides Fundament zu geben und die Abnehmer vor Schaden zu bewahren.

Die Firma Schulz, Knaudt & Komp. garantiert für:

Qualität (Bezeichnung).	Verlängerung in Prozenten.		Bruchfestigkeit pro Q.-Millimeter in Kilo	
	quer.	lang.	quer.	lang.
S. K. & Komp.	4	6	30	33
*	6	9	32	34
H. K.	8	11	33	36
H. K. C.	12	15	35	38

Um eine derartige Garantie nun wertvoll zu machen, ist es unter allen Umständen notwendig, daß die Bleche vor ihrer Verwendung probiert werden. Im anderen Falle ist jede Qualitätsbezeichnung wertlos, denn der betreffende Kesselschmied weiß selbst nicht, welche Eigenschaften das Blech besitzt, da er es nie probiert hat.

Festigkeitsversuche mit Kesselblech der Judenburger Eisenwerke.*)

Die in nachstehender Tabelle LIX aufgezählten sechs Prüfungen wurden von Herrn Professor Jony am polytechnischen Institute in Wien durchgeführt, dessen kompetentes Urteil über dieses Material aus den beigefügten Schlußfolgerungen ersichtlich ist.

*) Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. Nr. 3, 1878. Wien.

Tabelle LIX.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Fortlaufende Nummer des Stabes.	Zeichen des Probestabes.	Material-Gattung.	Abmessungen des Stabes vor der Dehnung: Breite a	Dicke b	Marken-Entfernung l	Adjustierter ursprüngl. Querschnitt Ω	Spezifisches Gewicht dem absolut. Gew. eines Kubikdezimeters	Elastizitäts Modul für die Längendehnung E	Zugfestigkeit an der Elastizitäts-Grenze $\mathfrak{F}$e	Zugfestigkeit an der Bruch-Grenze $\mathfrak{F}$b	Größte elastische Längendehnung $\left(\frac{\Lambda}{l}\right)$ max.	Größte verbliebene Längendehnung nach dem Bruche $\left(\frac{\Lambda'}{l}\right)$	Meist zusammengezogener Querschnitt oder Bruch-Querschnitt Ω'	Verhältnismäßige Querschnitts-Zusammenziehung $\frac{\Omega-\Omega'}{\Omega}$	Arbeits-Modul für die Elastizitäts-Grenze $\mathfrak{A}$e	Aufgewandter Arbeits-Exzeß bis zur Bruch-Grenze $\mathfrak{A}$b	Anmerkungen.
			in Millimeter.			in Qu.-Millim.	in Kilogr.	in Kilogramm pro 1 Quadratmillimeter.			pro Längeneinheit.		in Qu.-Mm.	pro Flächeneinh.	in Kilogramm-Millimeter.		
1457	Längspfeil.	Längsstab von Eisenblech bester Qualität aus dem Judenburger Werke.	40,35	10,23	630,13	412,78	—	20 930	16,47	41,19	0,00079	0,122	236,8	0,426	0,00650	4,306	Der Bruch erfolgte regelmäßig. Das Material verhielt sich sehr kräftig bis zum Bruche. Bruchgefüge gleichförm. fein geschichtet. Oberfläche sehnig und unverletzt.
1458	Längspfeil	do.	40,20	10,10	630,08	406,02	—	20 600	16,50	42,49	0,00080	0,137	258,4	0,363	0,00660	5,042	Der Bruch erfolgte regelmäßig. Das Material verhielt sich außerordentl. widerstandsfähig und zähe. Bruchgefüge fein geschichtet. Oberfläche sehnig und nur auf einer Breitseite ein wenig aufgeblättert.

1459	Längspfeil	do.	40,20	10,10	630,00	406,02	—	21 430	17,24	43,10	0,00080	0,153	278,1	0,315	0,00693	6,099	Der Bruch erfolgte regelmäßig. Das Material verhielt sich in jeder Hinsicht vortrefflich und ungewöhnlich fest. Bruchgefüge gleichförm. fein geschichtet. Oberfläche sehnig und unverletzt.
1460	Querpfeil.	Querstab von Eisenblech bester Qualität aus dem Judenburger Werke	40,20	10,10	630,08	406,02	—	21 720	14,78	39,70	0,00068	0,060	314,9	0,224	0,00502	2,072	Der Bruch erfolgte hier zuerst durch teilweises Abreißen der Fasern an einer Stelle. Die volle Überwindung der Kohäsion des Materials trat schließlich in einem der markierten Querschnitte ein, daher auch die Werte von $\left(\frac{\Delta l'}{l}\right)$ und Ab hier kleiner ausfielen. Bruchgefüge gleichförm. fein geschichtet. Oberfläche unverletzt.
1461	Querpfeil	do.	40,20	10,10	630,00	406,02	—	21 670	14,78	42,48	0,00068	0,080	317,7	0,217	0,00502	2,932	Der Bruch erfolgte regelmäßig. Bruchgefüge gleichförm. fein geschichtet. Oberfläche sehnig, nur in der Nähe des Bruchquerschnittes ein wenig rissig.
1462	Querpfeil	do.	40,30	10,20	630,08	411,06	—	20 000	14,60	40,14	0,00073	0,100	316,8	0,229	0,00533	3,340	Der Bruch erfolgte regelmäßig. Bruchgefüge gleichförm. fein geschichtet. Oberfläche ein wenig rissig.

Schlußfolgerungen aus den gewonnenen, in vorstehender Tabelle LIX zusammengestellten Elastizitäts- und Festigkeitsresultaten.

Die von der Aktiengesellschaft der Judenburger Eisenwerke dem obengenannten Institute zugesandten Kesselbleche wurden in bezug auf ihre normale Zugfestigkeit, Elastizität und Zähigkeit zunächst an 6 gehobelten, genau zugerichteten Streifen von zirka 800 Millimeter ursprünglicher Länge untersucht.

Die natürliche Oberfläche war daher überall hinweggenommen und die Länge der Probestücke eine so beträchtliche, daß fehlerhafte Stellen weniger leicht vermieden und die Proben streng und mit Präzision vorgenommen werden konnten.

Die Ergebnisse der Proben waren hinsichtlich der Zugelastizität und Festigkeit folgende:

Das eigentliche Dehnungsmaß für regelmäßig zulässige Zugbeanspruchungen liefert der sogenannte Elastizitätsmodul (Kolonne 8). Die hohen Werte dieses Moduls für die verschiedenen Probestäbe lassen ausnahmslos auf eine etwas mehr körnige Beschaffenheit des Materials oder auf geringere eintretende Deformation schließen, so lange die sogenannte Elastizitätsgrenze nicht überschritten wird.

Aber auch diese Grenze zeigte sich bei den untersuchten Materialien in entsprechender Höhe, bei den Längsstäben sogar höher, als dies bei Eisenblechen gewöhnlich vorkommt. Die Festigkeit an der Elastizitätsgrenze (Wert der Kol. 9) erreichte nämlich bei den Längsstäben den Wert von 16,5 Kilo und stieg bis auf 17,2 Kilo pro Quadratmillimeter. Für die Querstäbe variierten sie wenig von 14,6 bis nahezu 14,8 Kilo.

An der Bruchgrenze zeigte das erprobte Material eine weitaus höhere Zugfestigkeit, als sie selbst von guten Blechen erster oder vorzüglichster Qualität gegenwärtig verlangt wird.

Die Längsstäbe wiesen eine Bruchfestigkeit im Mittel von 42,26 Kilo, die Querstäbe von 40,77 Kilo aus.

Mit den günstigen Resultaten innerhalb der Elastizitätsgrenze im Zusammenhange stehen dann auch die sehr gleichmäßigen Werte für die größte zulässige Längendehnung (Kol. 11), nach der Faser fast ganz gleichmässig 0,0008, quer der Faser mit nahe 0,0007 pro Längeneinheit, und des Arbeitsmoduls für die Elastizitätsgrenze nach diesen genannten Richtungen von 0,0065—0,0069 und 0,005—0,0053 Kilo Millimeter pro 1 Kubikmillimeter.

Hieraus kann man auch ein gutes Verhalten des Materials gegen oft wiederholte dynamische Effekte, d. h. gegen Stoßwirkungen und Erschütterungen vermuten, so lange die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wird.

Weniger gleichmäßig zeigten sich die untersuchten Blechmaterialien in bezug auf die Deformationen bis zur Bruchgrenze. In dieser Hinsicht wiesen die nach der Walzrichtung entnommenen Längsstäbe bei stets über 600 Millimeter ursprünglicher Markenentfernung eine verbliebene spezifische Längendehnung von 12—15%.

Die verhältnismäßige Querschnittszusammenziehung (Kol. 14), welche auf die Eigenschaft der Zähigkeit des Materials schließen läßt, erreichte bei den Längsstäben nahezu den Wert von 43% und ging nicht unter 31½% herab. Die aufgewandten Arbeitsexzesse über die Elastizitätsgrenze bis zur Bruchgrenze oder vollen Überwindung der Kohäsion des Materials in den Stäben

nach der Faserrichtung betrug stets über 4 und selbst bis 6 Kilo Millimeter pro 1 Kubikmillimeter.

Eine natürliche und nach den bisherigen Erfahrungen bei allen gewalzten Blechmaterialien vorkommende Eigenschaft ist es, daß die Stäbe quer zur Faser, in bezug auf diese letzteren Punkte beträchtlich niederere Werte zeigen, woraus auf eine geringere Widerstandsfähigkeit des Materials gegen heftige Stoßwirkungen nach dieser Richtung geschlossen werden muß.

Resultate der Untersuchung des Bleches von einem explodierten Dampfkessel.*)

Die unmittelbare Ursache der Explosion dieses Kessels soll Wassermangel gewesen sein, mittelbar aber ein wesentlicher Teil der Schuld auf den zweifelhaften Wert des in Verwendung gestandenen Kesselbleches fällt.

Der Wassermangel ist durch Untersuchung bewiesen worden. Zweck dieser Abhandlung soll es sein, auch den Zweiten Teil der Behauptung, mangelhafte Qualität des Bleches beweiskräftig zu erklären: Diese Beweisführung ist sowohl vom Standpunkte der Wissenschaft im allgemeinen als für das praktische Geschäftsleben im besonderen von außerordentlicher Wichtigkeit, denn sie soll zeigen und lehren zugleich, in welcher Weise jeder der beteiligten Teile, der Blecherzeuger, der Kesselkonstrukteur und der Benützer des Kessels zur Verminderung der Zahl der Kesselexplosionen wesentlich beizutragen vermag.

Herr Prof. H. Gollner, d. Z. Rektor des k. k. deutschen polytechnischen Instituts in Prag, hat es übernommen, die den gedachten Beweis erbringende Untersuchung durchzuführen, welcher in so erschöpfender Weise gelungen ist, daß alle Zweifel beseitigt erscheinen.

Die Untersuchung zerfällt in 5 Abschnitte und zwar

1) Spezielle Darstellung der Zugversuche in 10 Diagrammen.
2) Resultate der Festigkeitsproben mit Darstellung der Mittelwerte und kurzem Referate.
3) Über Ätz-, Loch- und kalte Biegungsproben mit kurzem Spezialreferate.
4) Über die "warmen" Proben mit Spezialreferate.
5) Schlußreferat, dessen Begründung sich aus den angedeuteten Spezialreferaten ergiebt.

Die 10 Probestäbe wurden aus einer Tafel eines unversehrt gebliebenen Stoßes des zylindrischen Mantels des explodierten Dampfkessels kalt geschnitten, mit möglichster Vorsicht gerade gerichtet und nach Schablone bearbeitet. Von den 10 Probestäben, deren totale Länge 50 Zentimeter betrug, waren je 5 Stück Längs- und Querstäbe, deren Probequerschnitt im Mittel 4,0 Quadratzentimeter erreichte; die derart für die Zugproben vorbereiteten Lamellen mußten aber unmittelbar vor denselben dunkelrotglühend gemacht und neuerdings gerade gerichtet werden, nachdem sich zeigte, daß die kopfartigen Enden der Stäbe durchaus gegeneinander verdreht und die Stabschäfte ohne Ausnahme mehr oder weniger gekrümmt waren.

Bei sämtlichen Probestäben waren die mit dem Kesselwasser in Berührung gestandene (innere) Oberfläche = Wasserseite des Bleches (Stabes), sowie jene

*) Zeitschrift der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft a. G. Nr. 1, 1879. Wien.

äußere von dem Feuergase berührte Oberfläche der ersteren, sehr deutlich zu erkennen und zu unterscheiden.

Die Wasserseite der Stäbe zeigte einen ziemlich gleichförmig angelegten Rückstand von hartem Kesselstein; mehrere Probestäbe ließen wasserseits die Spuren einer, wenn auch nur oberflächlichen inneren Korrosion in Form von Abblätterungen, von übrigens geringer Ausdehnung, nachweisen.

Mehrere Probestäbe zeigten an ihren kopfartigen Enden Schweißfehler und Zugängen; insbesondere war der Probestab Zeichen G. 7 an einem Kopfende auf eine Fläche von zirka 12 Quadratzentimeter Ausdehnung (in der Mitte seiner Dicke) angeschweißt, sodaß bei einem an der betreffenden Stelle durchgeführten Schnitte mit der Blechscheere zwei völlig getrennte und an den inneren Flächen metallisch stark angelaufene Stücke von Dreiecksform abfielen; gleichzeitig konnte an den bearbeiteten Hochkanten mehrerer Probestäbe die mangelhafte Schweißung deutlich nachgewiesen werden.

Die Feuerseite einiger Blechlamellen zeigte vereinzelte Spuren der äußeren Korrosion in Form von Blätterungen und Gruben von übrigens geringer Ausdehnung und Tiefe.

In jedem Falle präsentierte sich das zu erprobende Material entschieden als „Altmaterial" d. h. gegenüber dem neuen, ursprünglichen Materiale in solchem Grade an seiner äußeren und inneren Oberfläche verändert, daß diese Veränderungen sicher konstatiert werden konnten.

Von den knopfartigen Enden eines jeden einzelnen Probestabes wurden vor dessen Erprobung je ein Stück von zirka 100—160 Gramm Gewicht kalt geschnitten und zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes des betreffenden Materials verwendet, dessen Mittelwert in die Tabelle LX aufgenommen wurde.

Die früher beschriebenen Quer- und Längslamellen von rechteckigem Querschnitte waren nur an den beiden Hochkanten bearbeitet; die Dimensionen des Probequerschnittes, und zwar dessen mittlere Höhe und Breite, wurden auf Grund von je 20 möglichst genauen Messungen bestimmt. Die Probelänge für sämtliche Probestäbe betrug 30 Zentimeter, an deren Enden die Instrumente zur Bestimmung der durch die einzelnen äußeren Belastungen hervorgerufenen Dehnungen angebracht wurden. Solche Meßinstrumente wurden zwei verwendet und zwar das eine stets mit den Marken auf der „Wasser-", daß andere mit den Marken auf der „Feuerseite" der Blechlamellen in Verbindung gebracht, um die mittleren Dehnungen bestimmen zu können.

Bei einigen Versuchen zeigten die an den beiden Instrumenten erhaltenen Ablesungen nach den ersteren Belastungsphasen sehr deutlich, daß die untersuchten Probestäbe trotz der früher besprochenen Vorbereitungen nicht vollkommen gerade gerichtet waren.

Die Probestäbe ein und derselben Gruppe (Quer und Längs) wurden während der Versuche möglichst gleichartig behandelt.

Die Bestimmung der Zugelastizitätsgrenze bezüglich der Inanspruchnahme der Materialien an derselben erfolgte erst auf Grund einer graphischen Darstellung der elastischen und bleibenden Dehnungen, welchen Darstellungen auch die Daten für die Berechnung des mittleren Elastizitäts-Moduls innerhalb der Elastizitätsgrenze entnommen wurden.

Die mittleren Dimensionen der Zerreißquerschnitte nach den Ergebnissen von je 5 möglichst genauen Messungen berechnet.

Die erhaltenen Resultate zur Beurteilung der Elastizitäts- und Festig-

keitsverhältnisse der 10 Probestäbe wurden zunächst zur Bestimmung der mittleren Werte derselben Größen für die zwei Gruppen der Probe-(Längs- und Quer-)stäbe ausgenutzt, aus welchen schließlich die resultierenden Mittelwerte ermittelt und in folgender Tabelle LX zusammengestellt sind.

Tabelle LX.

Länge der Querfaser.	Mittlere Elastizitätsgrenze für Zug in Kilo Quadratzentimeter.	Mittl. Dehnung derselben		Mittlerer Elastizitäts-Modulus innerhalb der Elastizitätsgrenze in Kilo Quadratzentimeter.	Mittl. Elastizitätsgrenze in Prozent der mittleren Bruchgrenze.	Mittlere Streckung an der Bruchgrenze in Zentimeter.	Mittlere absolute Zugfestigkeit in Kilo Quadratzentimeter.	Mittl. Verhältnis des Bruchquerschn. in Proz. des Probequerschnitts.	Mittlere Konstruktion des Probequerschnitts.
		absolute in Zentimeter.	verhältnismäßig.						
Längsstäbe	2002,8	0,0362	0,00108	1,936000	61,0	1,519	3275,9	94,5	5,5
Querstäbe	1699,2	0,0263	0,00088	2,108000	62,0	0,464	2708,2	96,5	3,5
Resultierende Mittelwerte:									
Quer- oder Längsstäbe	1851,0	0,0294	0,00098	2,022000	61,5	0,992	2992,0	95,5	4,5
wofür folgende runde Werte gesetzt werden sollen:									
Quer- oder Längsstäbe	1880,0	0,0294	0,00098	2,000000	62,0	1,000	3000,0	95,5	4,5

Die Resultate der Festigkeitsproben und insbesondere die resultierenden Mittelwerte für die Elastizitätsgrenze, wie sich solche auf 1850,1 Kilo pro Quadratzentimeter, sowie für den Elastizitäts-Modulus auf 2 000 000 Kilo pro Quadratzentimeter herausgestellt hat, bekunden ein steifes, nur geringen Deformationen fähiges Material, während der resultierende Mittelwert für die Konstruktion des Probequerschnittes (4,5%) dessen sehr geringe Zähigkeit nachweisen. Die geringere mittlere Zugfestigkeit (3000 Kilo pro Quadratzentimeter) und insbesondere die auffällige Differenz der mittleren Zugfestigkeit für Längs- und Querlamellen (3275,9 gegen 2708,2 Kilo Quadratzentimeter), wonach die letztere nur rund 82% der ersteren ist, in Verbindung mit der Art des Bruches und dem Aussehen der Lamellenbrüche und den mittleren Werten des spezifischen Gewichtes der Lamellen selbst, sind endlich die direkten Belege für die in die Tabelle LX eingestellten Angaben, betreffend die Inhomogenität und unvollkommene Schweißung des Probematerials.

Ätzproben. Um die Schweißtüchtigkeit, Reinheit, beziehungsweise Homogenität des Probematerials zu untersuchen, wurden mit je zwei Längs- und Querlamellen Ätzversuche derart durchgeführt, daß von jedem Probestücke eine völlig eben und blank geschliffene Fläche, welche für die Längslamellen quer gegen die Richtung der Walzfaser, bei den Querlamellen hingegen in der Richtung derselben gelegen war, der Einwirkung von verdünnter Salzsäure

($1 HCl + 1 HO$) für die Dauer von zwei Stunden ausgesetzt wurde. Die Einwirkung der Säure auf das Material äußerte sich zunächst in einem starken Aufschäumen und Trüben derselben, welches nach Verlauf von zirka 45 Minuten (wenn auch entschieden schwächer) noch wahrzunehmen war.

Das Aussehen der der Einwirkung der genannten Säure ausgesetzten, also intensiv geätzten Flächen war bei allen Probestücken wesentlich von jenem der gleichen ungeätzten Flächen verschieden, indem erstere sowohl für die Längs- wie Querlamellen eine Anzahl von parallelen, verschieden tiefen Furchen, Rinnen, hie und da durch nestartige Vertiefungen unterbrochen und erweitert zeigten. Die schon bei Besprechung des Bruches der Quer- und Längslamellen hervorgehobene Schichtung des Materials, sowie dessen unvollkommene Schweißung tritt sehr deutlich und und charakteristisch hervor.

Die Resultate der Ätzversuche weisen zur Evidenz nach, daß das genannte Probematerial entschieden unrein und infolge dessen auffällig unganz und ungeschweißt ist.

Bearbeitungsproben im kalten Zustande des Materials.

a) Lochproben. Zum Zweck der Untersuchung des Widerstandes des Probematerials gegen Lochen und dem Verhalten desselben bei dieser Operation wurde eine ebene Blechtafel von Quadratischer Form längs eines Längs- und Querrandes gelocht. Die Lochteilung betrug 30 Millimeter, die Entfernung derselben Mittel vom Längs- und Querrande 20 Millimeter, endlich die Lochweite ebenfalls 20 Millimeter. Eine Anzahl Löcher am Längs- und Querrande wurden schließlich mittelst eines Stahldorns etwa so intensiv erweitert, wie dies für die Nietlöcher der Dampfkessel erforderlich ist.

Das Probematerial ertrug die Lochung vollkommen. Die Ränder sämtlicher Löcher zeigten sich vollkommen rein, scharf und unversehrt, ebenso war weder an dem Längs- noch Querrande der gedachten Blechtafel eine bedenkliche Deformation oder ein Aufblättern des Materials wahrzunehmen; erst infolge des „Weitens“ mehrerer Löcher mittelst des Stahldornes entstanden bei drei Löchern Risse gegen den äußeren Blechrand und in den zwischen den benachbarten Löchern gebliebenen Materialpartien.

Das Ergebnis der Lochversuche weist ein unvollkommen geschweißtes, minder zähes, geschmeidiges Material nach.

b) Biegungsproben. Den kalten Biegungsproben wurden zwei Blechlamellen von je 100 Millimeter und 800 Millimeter Länge unterzogen. Eine Längslamelle wurde an drei Stellen ihrer Länge quer gegen die Walzfaser, eine Querlamelle ebenso in der Richtung der Walzfaser kalt abzubiegen versucht. Der Biegungswinkel wurde für die Längslamelle mit 50°, für die Querlamelle mit 20°, der Krümmungsradius an den Biegungsstellen für beide Lamellen mit 20 Millimeter angenommen. Endlich wurde versucht, die beiden Enden jeder Lamelle scharf um den Winkel von 180° kalt abzubiegen.

Das Ergebnis der „kalten“ Biegungsproben war ein durchaus ungünstiges, nachdem es nicht gelingen konnte, die Biegungen um die oben angegebenen Winkel ohne völligen Bruch der beiden Lamellen an sämtlichen Biegungsstellen durchzuführen.

Das Aussehen der frischen Bruchflächen war mit jenem übereinstimmend, welches die Zugproben für die Zerreißquerschnitte der einzelnen Zuglamellen

ergaben. Die Brüche zeigten wieder deutlich geschichtetes Material, von körnig-krystallinischem, kurzsehnigem Gefüge, sowie eine sehr unvollkommene Schweißung an den Schichtfugen.

Bearbeitungsproben im warmen Zustande des Materials.

a) Biegungsproben. Diese wurden auch für je eine Quer- und Längslamelle von 100 Millimeter Höhe und 800 Millimeter Länge durchgeführt. Erstere wurde an drei Stellen ihrer Länge quer gegen die Walzfaser um einen Winkel von 125°, die letztere in gleicher Weise um einen Winkel von 90° warm abzubiegen versucht, wobei der Krümmungsradius an sämtlichen Biegungsstellen mit 10 Millimeter angenommen wurde.

Die Ergebnisse dieser Biegungsproben sind gleichfalls nicht befriedigend, nachdem sich in beiden Fällen infolge der Biegung an der Außenseite der Biegungsstellen ein Aufblättern und Reißen der äußersten Materialpartien zeigte. Der schließliche Versuch des warmen Umbiegens der beiden Enden der Längs- und Querlamelle mißlang vollständig und hatte den völligen Bruch der Lamellen an den Biegungsstellen zur Folge.

b) Schmiedeproben. Diese bezogen sich auf die Bildung von je einem Gerad- und Rundbord von 60 Millimeter Länge an den Rändern einer ebenen Blechtafel in der Richtung der Walzfaser derselben und auf das Ausspitzen zweier rechtwinkeliger Ecken einer zweiten ebenen Blechtafel derselben Sorte. Diese Schmiedeoperationen wurden genau in derselben Weise, wie für Dampfkesselbleche üblich, in einer Kesselschmiede durchgeführt.

Die Resultate dieser Schmiedeproben sind insofern ungünstig, als an den Außenseiten der gebildeten Gerad- und Rundborde mehrfache tiefgehende Risse entstanden, welche dieselben unbrauchbar machten, während die Bildung der erwähnten zwei Spitzen, wie sie für die Nietung der Ringstöße der Dampfkessel ausgeführt werden müssen, vollständig gelungen ist.

Die Resultate der im vorhergehenden spezialisierten Untersuchungen gestatten nun ein motiviertes Urteil über die Qualität des erprobten Konstruktionsmateriales abzugeben, und zwar läßt sich dies einfach durch Zusammenstellung der am Schlusse jeder einzelnen Probe gegebenen Referate zum Ausdruck bringen.

Tabelle LXI.

Resultate über die Zugelastizitäts- und Festigkeitsversuche des Flußschmiedeeisens (Bessemer-Eisen) von k. k. priv. Akt.-Gesellschaft der Innerberger Hauptgewerkschaft.

Ausgeführt von Professor Jauny im k. k. polytechnischen Institut in Wien.

Zeichen des Probestücks.	Material Gattung.	Abmessungen des Probestückes vor dem Versuch. Dicke	Breite	Marken-Entfernung	Adjustierter ursprüngl. Querschnitt	Elastizitäts-Modul E	Festigkeit an der Elastizitätsgrenze Fe	Festigkeit an der Bruchgrenze Fb	Größte verbliebene Längenänderung $\left(\frac{\Delta l^1}{e}\right)$	$\frac{\Omega-\Omega'}{\Omega}$
		in Millimeter.		e	in Qu.-Millimet. Ω	in Kilo pro Quadratmillimeter.			nach dem Bruche per Längeneinheit.	p. Flächeneinheit.
65 7./3. 1879 Längspfeil	Härte Nr. 6 Kohlenstoffgehalt 0,2%.	8,14	25	330,18	203,5	19 600	17,20	52,83	0,208	0,500
66 7./3. 1879 Querpfeil		8,13	25	330,02	203,25	19 800	17,22	51,66	0,202	0,442
67 7./3. 1879 Längspfeil	Härte Nr. 6 Kohlenstoffgehalt 0,2%	8,15	25	330,06	203,75	19 000	16,70	50,30	0,182	0,506
68 7./3. 1879 Querpfeil		8,09	25	330,04	202,25	19 200	17,30	51,91	0,194	0,481
69 17./7. 1879 Längspfeil	Härte Nr. 7 Kohlenstoffgehalt 0,16%	8,07	25	330,00	201,75	19 700	15,86	44,61	0,174	0,556
70 17./7. 1879 Querpfeil		8,06	25	330,09	201,50	19 600	15,38	43,42	0,204	0,562
71 17./7. 1879 Längspfeil	Härte Nr. 7 Kohlenstoffgehalt 0,16%.	8,16	25	330,00	204,00	19 700	15,69	45,34	0,188	0,550
72 17./7. 1879 Querpfeil		8,07	25	330,14	201,75	20 000	15,86	45,85	0,203	0,582

Bemerkung zu Tabelle LXI. Der Bruch erfolgte vollkommen regelmäßig. Bruchgefüge sehr fein, fast milde. Oberfläche vollkommen unverletzt.

Das Messen von Blechstärken an runden Gefäßen.

Von Inspektor V. Sirk in Klagenfurt.

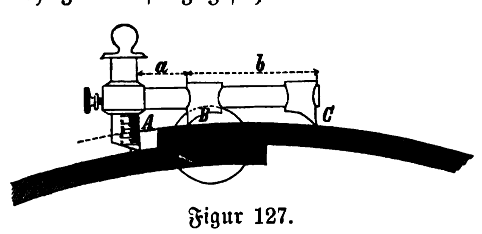
Figuren 127 und 128.

Nachdem Dampfapparate bisher einer amtlichen Erprobung und Konzession nicht unterzogen wurden, kommt man meistens in die Lage, den zulässigen Probedruck, wie auch die gestattete Betriebsspannung nach den gegebenen Festigkeitsverhältnissen zu bestimmen, um bei der Wasserdruckprobe keine die Elastizitätsgrenze des Materiales zu sehr annähernde Spannung zu entwickeln und für den sicheren Betrieb eine passende Garantie zu bieten. Wiewohl es nicht möglich ist, die Beschaffenheit der eingebauten Blechtafeln nach dem Aussehen auf ihre Struktur, Elastizität und Zerreißfestigkeit zu beurteilen, so bietet doch eine genaue Untersuchung des Zustandes der Bleche und Blechverbindungen, wie eine solche bei jeder Wasserdruckprobe vorgenommen wird, genügende Sicherheit für den intakten Betriebszustand des Apparates und es ergeben die festen Abmessungen des Gefäßes mit den einzelnen Blechstärken die erforderlichen Anhaltspunkte zur Berechnung der Widerstandsfähigkeit. Dadurch erhält man sodann Aufschluß, ob in dem Apparate ein der konzessionierten Kesselmaximalspannung entsprechender Probedruck erzielt werden darf, in welchem Falle die Anbringung separater Dampfdruckreduktions- oder Sicherheitsventile nicht von der allerzwingendsten Notwendigkeit sind, indem die Sicherheitsapparate der Dampfkessel das Eintreten einer die Festigkeit des Dampfapparates übersteigenden Spannung verhindern.

In erster Linie handelt es sich dann darum, die Blechstärke des Apparates mit genügender Genauigkeit abzunehmen und es wird dies in manchen Fällen durch Nebenumstände bedeutend erschwert. Ich glaube nicht betonen zu müssen, daß ein unmittelbares Abmessen der Blechstärke an den Stemmkanten keine genügende Sicherheit für eine entsprechende Genauigkeit bietet, indem durch das Versetzen die obere Platte aufgestaucht, die untere leider zeitweise eingehauen wurde, oder die Stemmfuge durch Unreinlichkeiten, Anstrichfarben und dergleichen verklebt ist und das Ablesen nicht präzis geschehen kann. Zeitweise findet man den Apparat eingemauert, oder mit einer wärmeisolierenden Schicht oder gar mit anderen unqualifizierbaren Substanzen bedeckt. Häufig findet man den Apparat mit Wasser gefüllt und zur Probe ganz vorbereitet und soll die Druckprobe so rasch als möglich durchführen, sodaß zum Messen der Blechstärken nur die Kreisnähte benützt werden können.

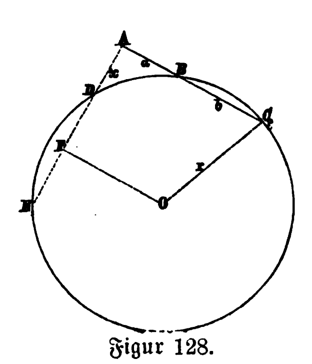
Zum Abmessen der Blechdicken ist man mit Schubleeren, Millimeterleeren, Greifzirkel u. s. w., kurz mit Instrumenten ausgerüstet, welche voraussetzen, daß man diese Dimensionen an einer Bohrung oder an einem Mannlochrande unmittelbar umfassen kann und, wenn die Umstände es erlauben, kann jedenfalls eine genaue Bestimmung der Blechstärke dadurch gesichert werden, daß man einen Wasserablaßhahn losnimmt und nach Reinigung des umgebenden Blechrandes die Millimeterleere anwendet. Dies ist jedoch nicht immer möglich und man ist gezwungen seine Zuflucht zu dem Instrumente zum Messen der Blechstärken zu nehmen, welches in Figur 127 skizziert und dessen Gebrauch allseitig bekannt ist, oder leicht ersehen werden kann. Das Instrument wird an einer Stemmkante zweier ebener Bleche oder nach einer geraden Kante eines Kreiswechsels angelegt, der verschiebbare Fuß B zirka 20 Millimeter von der geteilten Schiebeskala A entfernt, um von den Materialdeformationen

der Stemmkante frei zu sein, worauf eine für praktische Zwecke durchaus richtige Ablesung gesichert wird.



Figur 127.

Bei Dampfapparaten nun findet man häufig der sphäroidischen oder elliptischen Gestalt wegen, oder weil der ganze zylindrische Mantel aus nur einer Blechtafel besteht oder fest eingemauert ist, keine Stemmkante, an welcher das Instrument direkt angelegt werden könnte; legt man dasselbe jedoch in der in Figur 128 versinnlichten Weise an eine zylindrische Fläche mit geradem Nietenstoß, so ist die Ablesung eine fehlerhafte, welche nicht als Basis einer Berechnung genommen werden kann.



Figur 128.

Man bringt eine erforderliche Korrektur leicht an, indem man den Durchmesser des Zylinders mißt, an welchem die Ablesung vorgenommen wurde, sich dieses Profil auf einem Brette aufreißt und die beobachtete Ablesung empirisch korrigiert. Freunden der Empirie — und ich zähle mich selbst zu denselben — wird dieses Verfahren vollkommene Befriedigung gewähren. Freunden der Theorie will ich im nachfolgenden die Fehlerquelle beleuchten, welche durch eine solche Anwendung des Instrumentes entsteht. Stellt man das Schiebelineal *A* auf seinen Nullpunkt ein, so liegen die drei gestählten Spitzen *A*, *B* und *C* in einer geraden Linie. Wird das Instrument nun mit den Füßen *B* und *C* an eine Zylinderfläche angelegt, wie in Figur 128 schematisch angezeigt erscheint, so liegt offenbar die Spitze *A* nicht an der Mantelfläche, bis zu welcher die Messung vorgenommen werden soll, rückt man nun die Schiebeskala aus, so giebt dieses eine Ablesung *A D*, welche sich als Fehler bei einer eventuellen Messung zur Blechstärke addiert.

Nennt man die konstante Entfernung der Spitzen AC = L und die variable Entfernung AB = a, ferner den Radius R, so ergiebt sich aus dem geometrischen Zusammenhange der Figuren der Fehler

$$AD = x = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L-a}{2}\right)^2} - \sqrt{R^2 - \left(\frac{L+a}{2}\right)^2}$$

ein Resultat, welches in der vorgeführten komplexen und symmetrischen Form schwer diskutiert werden kann. In einer früheren Form konnte erkannt werden, daß der Fehler wachse, mit kleinerem R und größerem a, weshalb derlei Abmessungen am größten Radius gemacht werden sollen und der verschiebbare Fuß *B*, so nahe als die Beschaffenheit der Stemmkante erlaubt, an die Skala gerückt wird.

Da das Berechnen der Korrekturwerte x eine lange Rechenoperation ist, wurden dieselben für verschiedene Radien und Entfernungen a in nachfolgender Tabelle zusammengestellt, sodaß die Messungen unmittelbar vorgenommen werden können und um den Fehlerwert vermindert oder vermehrt, sogleich die wahre Blechstärke ergeben, je nachdem das Instrument außen oder innen an der Rundung angelegt wird.

Tabelle LXII.

Durchmesser in Zentimetern.

Entfernung a in Millimetern.	50	60	70	80	90	1 Meter	1,2	1,4	1,6	1,8	2
10	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
15	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
20	1,9	1,7	1,4	1,2	1	1	1	0,7	0,7	0,6	0,4
25	2,4	2	1,7	1,5	1,3	1,2	1	0,9	0,7	0,6	0,6
30	2,7	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,1	1	0,8	0,8	0,7
35	4,3	3,8	2,4	2	1,8	1,6	1,4	1,1	1	1	0,8

Die Entfernung A C wurde mit 94 Millimeter in Rechnung gezogen und der Fehlerwert x ergiebt sich in Millimetern.

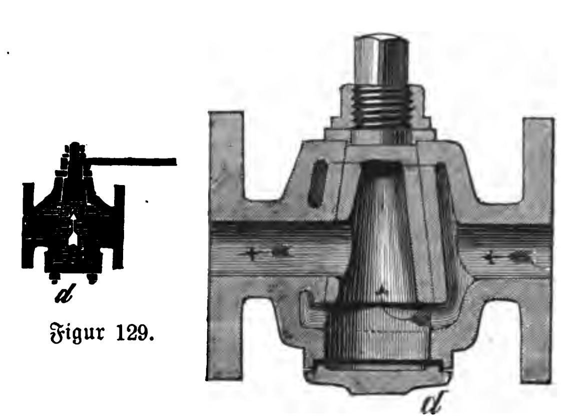
Fünfter Abschnitt.

Dampfkessel-Armaturen.

Selbstdichtende Hähne.

Figuren 129 und 130.

Als selbstdichtende Hähne haben wir hier zwei verschiedene Konstruktionen zu verzeichnen, welche sich in der Praxis auch schon seit längerer Zeit sehr gut bewährt haben. Die in Figur 129 dargestellte Konstruktion wurde schon vor einigen Jahren von Klein, in Firma Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal, erfunden und praktisch eingeführt. Eine geraume Zeit später erschien erst die Konstruktion, wie in Fig. 130 dargestellt, von Sempell in M. Gladbach. Wiefern sich diese beiden Konstruktionen unterscheiden ist in den Figuren zu ersehen. An beiden finden wir außer dem kleinen Vorteil des Selbstdichtens, welches ja durch den Druck des Dampfes oder der Flüssigkeit auf das Küken erfolgt, noch den einen sehr angenehmen Vorteil, daß das lästige Tropfen hierbei nicht so sehr stattfindet, wie dies bei den gewöhnlichen Hähnen stets der Fall ist, und wenn die Dichtungen,



Figur 129.

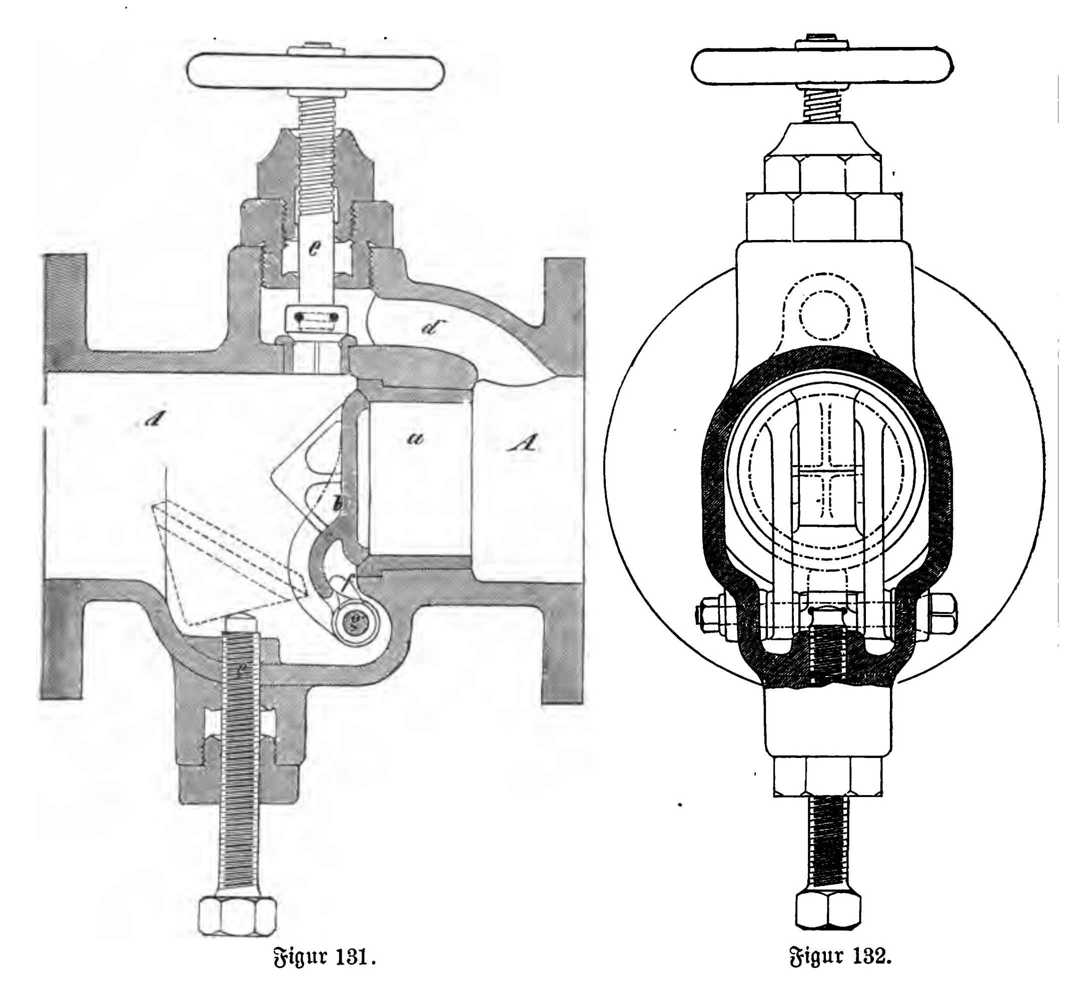
Figur 130.

namentlich des Deckels *d*, gut hergestellt und erhalten werden, wird das Tropfen vollständig vermieden. Bei dem in Figur 130 dargestellten Hahn ist das Küken und auch das Gehäuse ganz hohl hergestellt, welche Räume stets mit Dampf oder Flüssigkeit gefüllt sind, wodurch ein gleichmäßiges Erwärmen des Küken und Gehäuses und demzufolge ein leichteres Drehen des Küken und Schonung der Dichtungsflächen erzielt wird. Ferner hat das Hahnküken seitlich nur eine Durchgangsöffnung und somit die Dichtungsfläche größer erhalten, als bei Hahnküken wo die Durchgangsöffnung quer oder rechtwinkelig durchgeht.

Kombiniertes Absperrventil. (D. R. P.) W. Laute, Lipine O. S.

Figuren 131 und 132.

Dieses Absperrventil repräsentiert beim Betriebe von Dampfkesseln eine nicht zu unterschätzende Sicherheitsvorrichtung dadurch, daß es gewissen Un=



Figur 131. Figur 132.

glücksfällen die durch Verbrühen mittelst Dampf entstehen können, vorbeugt. Es geschieht dies indem dasselbe in die Dampfleitung eingeschaltet wird.

Manches Unglück, welches beim Reinigen eines Kessels durch unvorsichtiges Öffnen dessen Absperrventils entstanden, kann verhütet werden, wenn das qu. Ventil in das Dampf- und Wasserabführungsrohr bei nebeneinander liegenden und untereinander verbundenen Kesseln, sei es hinter oder vor das Absperrventil, eingeschaltet wird. Wird dann das Absperrventil unvorsichtigerweise geöffnet, so verschließt sich der eintretende Dampf von den übrigen im Betriebe befindlichen Kesseln den Weg nach dem außer Betrieb gesetzten Kessel durch das kombinierte Ventil sofort und die im Kessel befindlichen Leute sind vor Verbrühen gesichert.

Die Wirkung des Ventils ist folgende: Tritt durch eine plötzliche außergewöhnliche Dampfentnahme der Fall wie oben erwähnt ein, so nimmt die Geschwindigkeit des Dampfes in der Leitung und dementsprechend auch im Ventile so zu, daß der Ventilkegel *b* durch den Dampf mitgerissen wird und das Ventil so lange abschließt, bis die Spannungen auf beiden Seiten des Ventilsitzes wieder ausgeglichen sind, wonach derselbe infolge seiner Schwerpunktslage in die geöffnete, punktiert gezeichnete Stellung zurückfällt oder durch den Daumen *f*, der an den Bolzen *g* sitzt, durch Drehen des letzteren zurückgedrückt wird.

Der Ventilkegel *b* kann durch die Regulierschraube *c* in eine mehr oder weniger geneigte Lage gebracht werden, um den durchgehenden Dampf je nach der Geschwindigkeit desselben den Querschnitt entsprechend zu erweitern oder zu verengen.

Die Kanalverbindung *d*, welche durch die Verschraubung *e* verschließbar ist, hat die Dampfspannung zu beiden Seiten des Ventilsitzes auszugleichen, wenn das Ventil geschlossen ist.

Die Ausführung und Vertrieb dieses Ventils hat die Donnersmarkhütte bei Zabrze O. S. übernommen.

Selbstthätig schließender Wasserstandszeiger. (D. R. P.) H. Meyer, Tarnowitz O. S.

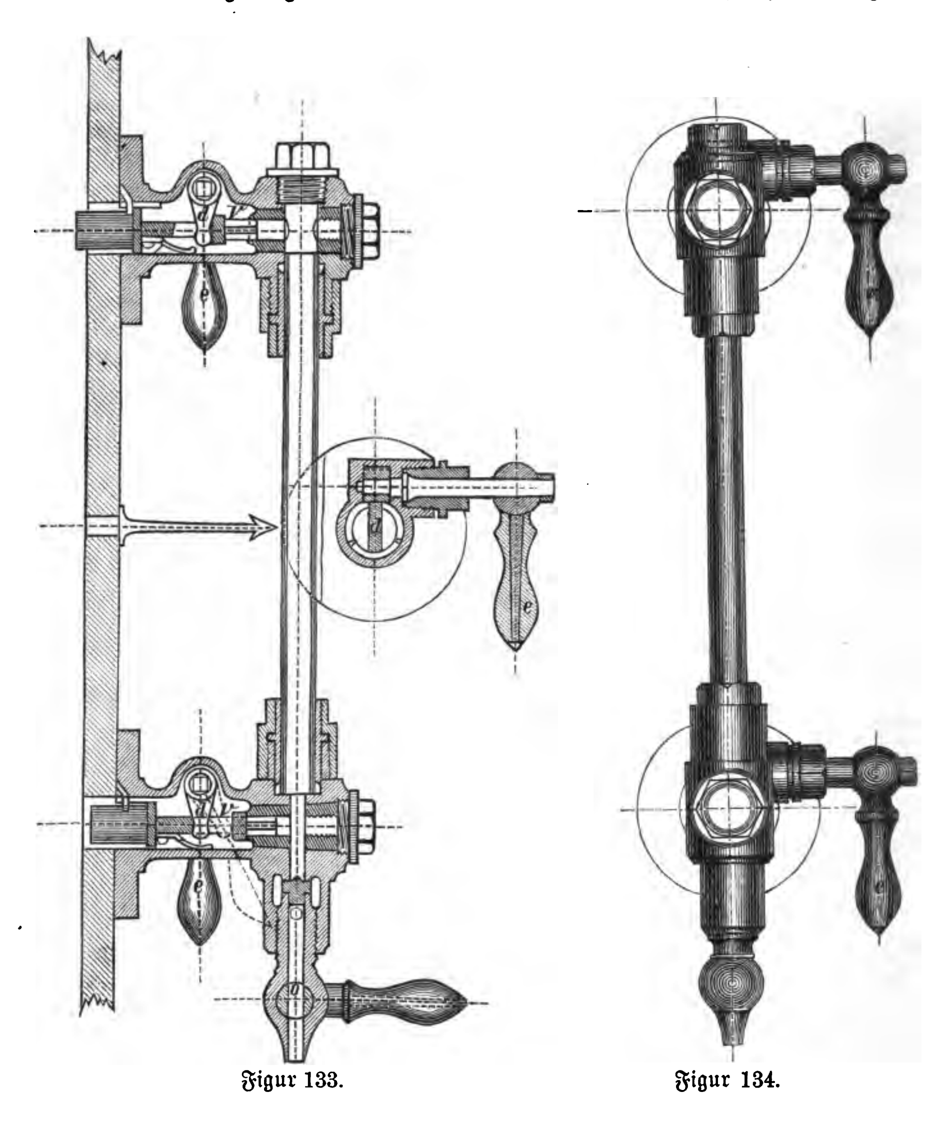
Figuren 133 und 134.

Durch das Zerspringen der Wasserstandsgläser werden häufig, wie bekannt, die in der unmittelbaren Nähe befindlichen Arbeiter durch das Ausströmen des siedend heißen Wassers und Dampfes mehr oder weniger stark beschädigt und es ist das notwendig werdende Zudrehen der Absperrhähne immer etwas gefährlich und event. mit Betriebsstörungen verbunden.

Der in den Figuren 133 und 134 dargestellte Wasserstandszeiger-Apparat soll diese Mängel beseitigen.

Die an demselben angebrachte Vorrichtung besteht einfach darin, daß in dem Momente des Zerplatzens der Glasröhre, die horizontal gelagerten Ventile *v* durch einseitig zur Wirkung kommenden Gegendruck, vor die beiden (untere und obere) mit dem Glasrohre kommunizierenden Öffnung geworfen werden und dadurch ein Absperren sofort eintritt. In den oberen Hahnkopf befindet sich in der Figur 133 das Ventil *v* in geöffnetem und im unteren in geschlossener Stellung.

Ferner soll hierbei das lästige Durchstoßen während des Betriebes unnötig sein (ist auch nicht möglich, wenn es notwendig werden sollte), da dieses mit der Verlängerung der Ventile *v v*, die bis in den Kessel hinein ragen



Figur 133. Figur 134.

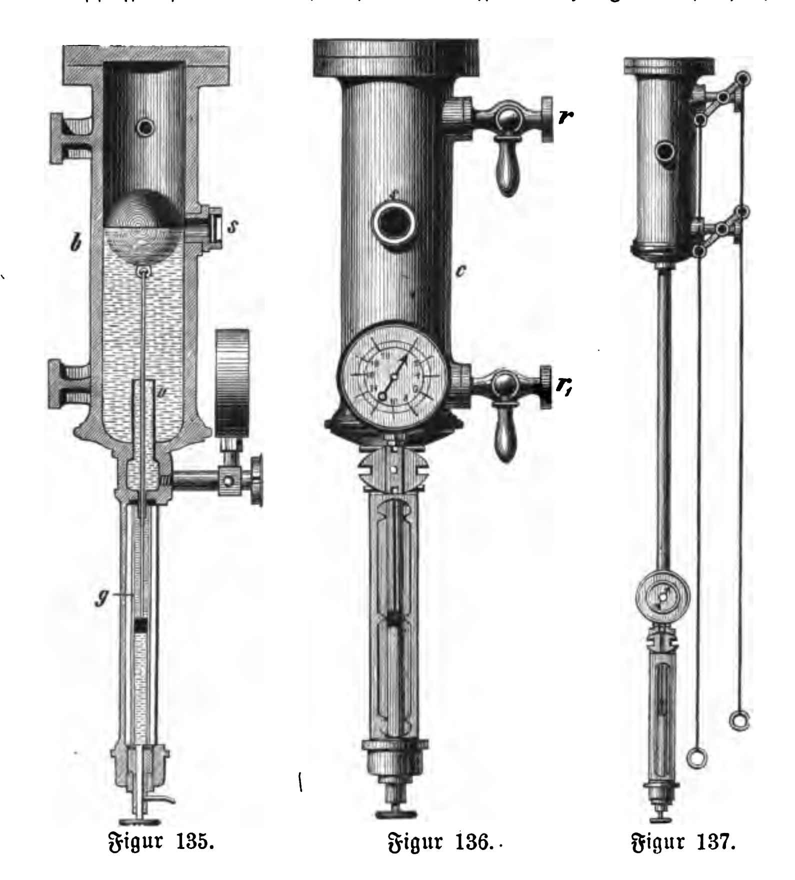
und mittelst der Handgriffe *e e* und der Hebel *d d* welche letztere durch den Schlitz der Ventile *v v* gehen, von außen hin und her bewegt werden können, bewirkt wird, und auch beim Ausblasen, beim Absperren und Einsetzen der Glasröhre als Hähne sich benutzen lassen.

Wasserstandszeigeapparat. (D. R. P.) A. Büttner & Komp., Uerdingen.

Figuren 135 bis 137.

Diese Konstruktion vermeidet den Übelstand des Zerspringens der Gläser vollständig.

Der Zylinder *c* ist durch die Dampf- und Wasserröhren *r* und r_1 mit dem Dampfkessel so verbunden, daß das Wasser in ihm gerade so hoch, wie



Figur 135. Figur 136. Figur 137.

im Kessel selbst steht. An dem Ende eines an der Schwimmkugel gehängten Drahtes befindet sich eine Marke, welche sich in dem mit einem Emaillestreifen versehenen Glase *g* bewegt, zeigt an einer Skala den Wasserstand an. Das Glas bildet somit einen an den Zylinder *c* angehängten Sack, in welchen sich also das Wasser stets weit kühler hält, als das in dem darüber befindlichen Zylinder. Das Glas ist somit der Wirkung der Hitze vollständig entzogen und außerdem vor Stoß durch ein halbkreisförmig umschließendes Gehäuse geschützt; demzufolge also unzerspringlich.

Die Unreinlichkeiten lagern sich am Boden des Zylinders ab, ohne in das Glas zu gelangen, zu welchem Zweck das Röhrchen *o* angebracht ist.

Der den Schwimmer und Marke verbindende Draht bewegt sich frei, ohne Stopfbuchse, infolge dessen das Spiel des Apparates ein leichtes und wirklich zuverlässiges ist.

Eine auf den richtigen Gang anzustellende Kontrolle kann in jedem Augenblick geschehen; indem zunächst der obere Hahn *r* geschlossen wird, worauf sich der Dampf im oberen Teile des Zylinders kondensiert und Schwimmer wie Marke steigen, nach kurzer Zeit öffnet man denselben Hahn wieder, alsdann tritt wieder Dampf in den Zylinder, worauf Schwimmer wie Marke fallen. Erreicht die Marke jetzt den alten Stand, so kann man überzeugt sein, daß der Apparat richtig funktioniert, und daß die Verbindungsröhren *r* und r_1 offen sind. Außerdem ist an dem Zylinder ein Schauloch *s* vorhanden, welches durch zwei mit Luftzwischenraum aufeinander geschraubte Hartglasscheiben geschlossen, eine genaue Vergleichung der Wasserstände im Zylinder und im Glase gestattet, übrigens aber nur bei der erstmaligen Einstellung gebraucht wird.

Manometer und Kontrollstutzen finden unmittelbar oberhalb des Glases einen Platz, an welchem sie ebenso geschützt vor Dampf und heißem Wasser, wie bequem vor Augen sind.

Die Konstruktion bietet nebenbei ein vorzügliches Mittel, um die Erkennung eines hoch liegenden Wasserniveaus in Augenhöhe des Kesselwärters zu ermöglichen. Zwischen Zylinder und Glas wird nämlich, wie Figur 137 zeigt, ein Rohr eingeschaltet, welches gestattet, den Wasserstand beliebig tief herabzuziehen. Sehr empfehlenswert für hohe, stehende Kessel.

Schutzvorrichtung für Manometer. (D. R. P.) F. zur Nedden, Berlin.

Figur 138.



Figur 138.

Diese Schutzvorrichtung besteht im Wesentlichen aus 2 Behältern *A* und *B*, welche durch eine feine Öffnung *c* mit einander kommunizieren und bewirken, daß die in Kesseln oder Leitungen vorhandenen Druckschwankungen ohne Stoß auf den Mechanismus des Manometers übertragen werden und solche vor schneller Zerstörung schützen.

Die Schutzvorrichtung wird mit ihrem unteren Gewinde *D* direkt auf den Manometerträger oder die Leitung geschraubt.

Entstehen nun im Kessel oder in der Leitung Druckschwankungen, so pflanzen sich dieselben nach *B* fort und würde ein Manometer, welches sich in direkter Verbindung mit *B* befindet, in stark vibrierende Bewegung versetzt werden. Um diesem Übelstande zu begegnen, ist ein zweiter Behälter *A* angebracht, welcher nur durch eine feine Öffnung *c* mit dem Behälter *B* kommuniziert und oben bei *E* das Manometer trägt. Wenn nun in dem Kessel Leitung und somit auch in dem Behälter *B* eine Druckvermehrung oder Druckverminderung eintritt, so wird zwischen *A*

und B eine Druckdifferenz vorhanden sein, und es wird die eingeschlossene Luft durch die freie Öffnung c nur langsam von B nach A oder umgekehrt von A nach B überströmen, bis in beiden Behältern gleicher Druck eingetreten ist; es wird also auf diese Weise die Dauer des Stoffes verlängert und letztere wird in elastischer Form auf das Manometer übertragen, die Manometer werden also weit weniger beansprucht, als wenn sie direkt mit dem Kessel oder Leitung, oder dem Behälter B in Verbindung gebracht wären.

Der Speiserufer, resp. Schwimmer außerhalb des Kessels. (D. R. P.) J. Reinmann.*)

Figur 139.

Das zur Aufnahme des Schwimmers bestimmte Gehäuse a steht durch das Wasserrohr b und das Dampfrohr c mit dem Kessel in direkter Verbindung.

Die Dreiweghähne d und e, welche direkt an der Kesselwand angebracht sind, gestatten sowohl die in den Apparat führenden Röhren b und c, als auch die Hähne selbst in gerader Richtung zu durchstoßen. Der Ablaßhahn f dient zur Entleerung des Gehäuses. Der Schwimmer g, an dem Hebel h befestigt, hat seinen Drehpunkt in dem Bolzen i; die Zeigerachse k, in der Hülse l gelagert und nach außen durch einen konischen Ansatz abgedichtet, ist mit dem Schwimmer durch den Mitnehmer k^1 nur soweit verbunden, um dessen Drehungen zu folgen.

Damit die Zeigerachse nicht dem Einflusse schlammigen Wassers ausgesetzt sei, befindet sich in dem Gehäuse a die Wandung a_1, welche die Wasserstandhöhe jederzeit überragt, sodaß sich in der Achsenkammer nur kondensiertes Wasser niederschlägt. Auf der Achse k sitzt der Zeiger m, dessen Spitze auf der Skala n die Höhe des Wasserspiegels anzeigt, während der hintere Teil die unten näher behandelten Funktionen ausübt.

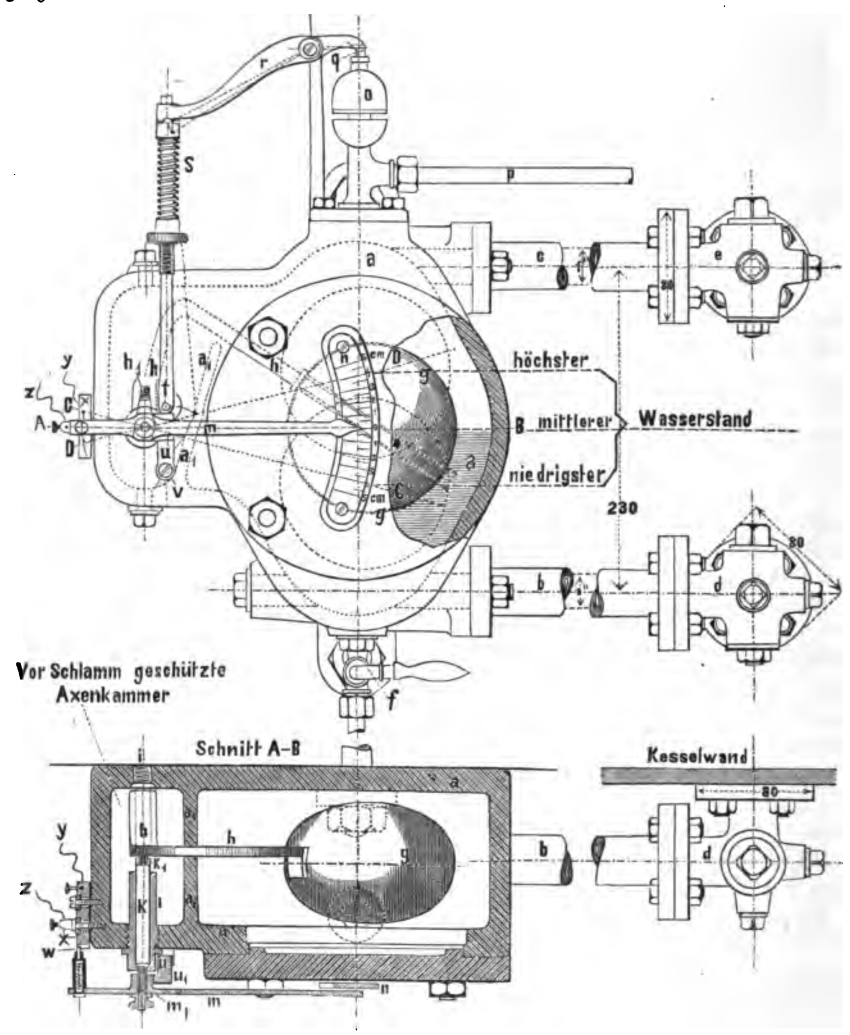
Die Pfeife o, mit dem Dampfraum des Kessels durch das Rohr p verbunden, hat im Inneren als Abschluß ein kleines Kegelventil, das in den Stift q ausläuft und mittelst des Hebels r durch die Schraubenfeder s geschlossen gehalten wird. Als Stütze für diese Schraubenfeder dient das Kniegelenk tu, welches seinen festen Drehpunkt in v hat. Die Funktion der Pfeife wird dadurch eingeleitet, daß bei zu hohem oder zu niedrigem Wasserstande, z. B. in den Zeigerstellungen CC und DD, die Warze m_1 des Zeigers gegen die Backe u_1 des Kniegelenkes stößt und dieses zum Ausknaggen bringt, wodurch die Feder s entlastet und der Dampfzutritt zur Pfeife erfolgt.

Das Pfeifenventil wird auch dann geöffnet, wenn die Dampfspannung groß genug ist, um den Federdruck zu überwinden. Es braucht also nur die Spannung der Feder reguliert zu werden, um eine gewünschte maximale Dampfspannung durch die Pfeife zu signalisieren.

Ein an geeignetem Orte aufgestelltes elektrisches Läutewerk tritt bei den oben erwähnten Zeigerstellungen CC und DD dadurch in Funktion, daß der Stift w mit dem isoliert montierten Teile x in Kontakt kommt und den Strom der Leitungsdrähte y und z schließt. Die elektrischen, wie die Pfeifensignale lassen sich unabhängig von einander durch die Stellung der betreffenden Berührungsteile auf gewünschte Wasserstandshöhen regulieren, sodaß der

*) Zeitschrift des Ver. Deutscher Ing. Bd. XXV. Heft 8.

Kesselbesitzer früher von dem Wasserstande unterrichtet werden kann, als der Heizer.



Figur 139.

Der im vorstehenden beschriebene Sicherheitsapparat ist demnach so eingerichtet, daß von demselben:

1) der Wasserstand im Kessel jederzeit durch Skala angezeigt wird;
2) daß er zu hohen, sowie zu niedrigen Wasserstand durch Dampfpfeife und elektrisches Läutewerk signalisiert.
3) Ertönt die Pfeife auch bei zu hoher Dampfspannung im Kessel, und
4) ist die Anbringung eines Schreibapparates ermöglicht, welcher die durch einen gewissen Zeitraum hindurch stattgehabten Wasserstände graphisch aufzeichnet.

Die Anfertigung und Alleinverkauf von J. C. Eckardt & Ko., Stuttgart.

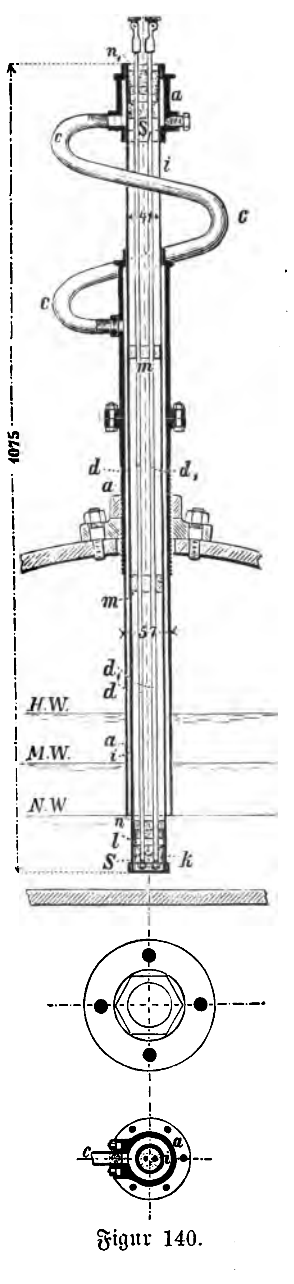
Kontroll- und Sicherheitsapparat. (D. R. P.) R. Schwarzkopf, Berlin.

Figuren 140 bis 142.

Dieser Apparat hat den Zweck durch ein akutisches Signal auf jede beliebige Entfernung vom Kessel zu melden:

1) den niedrigsten Wasserstand während des Betriebes;
2) den Wassermangel beim Anheizen;
3) die zu hohe Dampfspannung;
4) den Siedeverzug;

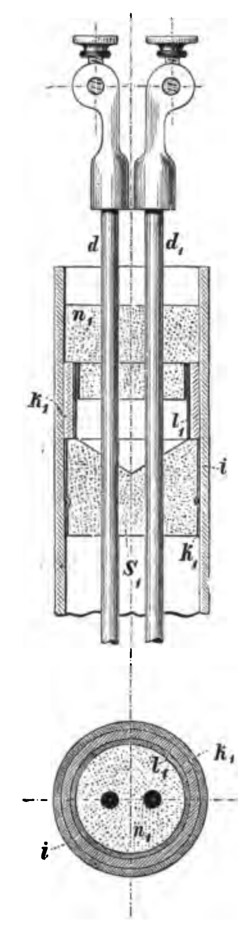
Der Apparat besteht aus zwei konzentrisch in einander montierten Metallrohren *a* und *i*, von denen das innere *i* an seinem unteren Ende durch einen aufgelöteten Deckel verschlossen und oben offen ist und das äußere *a* dagegen im oberen Teil unterbrochen und durch Zusammenlöten mit dem inneren oben geschlossen, unten aber offen gehalten. Die beiden unterbrochenen Teile des Außenrohres *a* sind jedoch durch das schlangenförmige Rohr *c* in freier Kommunikation verbunden.



Figur 140.

Vermittelst eines mit Muttergewinde versehenen Flansches wird nun der Apparat so auf dem Kessel befestigt, daß das Innenrohr bis in die Nähe der höchsten Feuerberührten Teile und das Rohr *a* bis zum Niveau des niedrigsten Wasserstandes reicht. In dieser Höhe wird der Apparat durch die Gegenmutter fixiert. Bei normalem Wasserstande wird der Druck des Dampfes den ringförmigen Raum zwischen den beiden Rohren *a* und *i* mit Wasser füllen, welches wenn die Luft absorbiert oder durch den Lufthahn *x* entwichen ist, durch das Schlangenrohr bis in den ringförmigen Raum des obersten Stutzens *a* steigt. Vorher füllt sich der Raum mit Dampf, der sich natürlich sofort kondensiert. Die Versuche haben erwiesen, daß bei der vorliegenden Ausführung des Apparates, bei allen Temperaturverhältnissen die Abkühlung des obersten Teiles so groß ist, daß, so lange überhaupt der ringförmige Raum mit Wasser gefüllt bleibt, der Stutzen *a* und etwa die obere Hälfte des Schlangenrohres unter 100° C. bleiben. Hierauf beruht die Verwendung des Apparates zur Kontrolle des Wasserstandes. Es befindet sich nämlich in dem obersten Teile des Innenrohres eine dicht anschließende Messingbüchse k_1, in welchem ein oben trichterförmig ausgedrehter Serpentin-Zylinder (eine die Elektrizität schlecht leitenden Masse) S_1 befestigt ist. Durch zwei entsprechende Bohrungen in letzterem gehen die Kupferdrähte

d, d_1, welche an ihrem oberen Ende mit je einem Knopfe zur Einschaltung in eine elektrische Leitung versehen sind. Bei normalem Zustande sind beide Drähte durch den Serpentinkolben vollständig isoliert. Über dem letzteren liegt ein dünner Ring h, aus einer bei 100° Cel. schmelzenden Legierung.



Figuren 141 und 142.

Sobald nun der Wasserstand tiefer sinkt als die untere Öffnung des Außenrohres, fällt die Wassersäule aus dem ringförmigen Raume und derselbe füllt sich alsdann mit Dampf, welcher in kurzer Zeit auch den ganzen oberen Teil des Apparates auf seine, der jeweiligen Spannung entsprechende Temperatur erhitzt. Hierbei wird der Legierungsring in der oberen Schmelzbüchse flüssig, der erste sich bildende Tropfen fließt nach dem tiefsten Punkte des trichterförmigen Bodens und stellt somit durch die gegenseitige Berührung der flüssigen Legierung mit den beiden Kupferdrähten einen Kontakt zwischen diesen beiden Drähten her und setzt die mit der galvanischen Batterie verbundenen Läutewerke in Bewegung.

Um die atmosphärische Luft möglichst von dem Legierungsringe fern zu halten, befindet sich über der Messingbüchse k_1 ein auf den Drähten verschiebbarer Kolben n_1, der zum Teil in die Hülse geschoben, den Legierungsring fast vollständig gegen atmosphärische Luft schützt.

Nach den in der Wochenschrift des Vereins Dtsch. Ing. Nr. 49 enthaltenen Vortrage des Herrn M. Krause, über diesen Apparat haben eingehende Versuche in dem sechsmonatlichen Probebetrieb in dem Etablissement der Berliner Maschinenbau-Aktiengesellschaft ergeben, daß einerseits ein momentanes Freiwerden der unteren Rohröffnung, etwa durch ein Wellental an der Grenze des niedrigsten Wasserstandes hervorgerufen, nicht ausreicht, um das ganze Wasser aus dem ringförmigen Raume zu entleeren und Dampfeintritt zu bewirken, sondern daß effektiv die mittlere Wasserhöhe unter die entsprechende Marke gesunken sein muß; anderseits, daß das betreffende Signal mit vollkommener Zuverlässigkeit 20 bis 30 Sekunden nach erfolgtem Dampfeintritt gegeben wird.

Der sechsmonatliche Probebetrieb in dem genannten Etablissement hat die Wichtigkeit dieses Momentes vollauf bestätigt. Es sollen zu wiederholten Malen nicht nur Unregelmäßigkeiten des Heizerpersonals, sondern auch Störungen im Funktionieren, besonders der Wasserstandszeiger, gemeldet worden sein, deren Beachtung der sonst in jeder Hinsicht gewissenhaften Betriebsleitung entgangen wäre und welche doch vielleicht bei Gelegenheit zu bedenklichen Folgen führen konnten; denn der „normale Wasserstand“ sei indiziert worden, während die Durchbohrung im unteren Hahn des Wasserstandszeigers sich momentan oder durch Inkrustation derartig versetzt hatte, daß eine freie Kommunikation nicht stattfand und das Glas nur durch die Kondensation des durch den oberen Hahn eintretenden Dampfes gefüllt wurde.

Zur Kontrolle der Temperatur im Kessel dient nun der folgende Teil dieses Apparates.

Eine zweite Schmelzbüchse *k*, genau wie die obere, befindet sich in dem untersten Ende des Innenrohres. Jedoch wird in diese ein Legierungsring *l* eingelegt, dessen Schmelztemperatur etwas höher ist als die Temperatur des Wasserdampfes bei der höchsten zulässigen Dampfspannung. Dieser Ring schmilzt also in dem Augenblicke, wo die Temperatur des Wassers, welches das untere Ende des Rohres umspült, die zulässige Grenze nach oben überschreitet und wird hierdurch das Läutewerk rechtzeitig das warnende Signal geben. Wenn man bedenkt, daß die Schmelzpunkte der Legierungsringe mit einer garantierten Genauigkeit von $\pm$ 1° C. herzustellen sind, daß aber die Temperaturdifferenzen pro Atmosphäre an der Grenze der Praxis immer noch 4 bis 5° beträgt, so ersieht man, daß auf diese Weise in dem Apparat eine vortreffliche Kontrolle für Manometer und Sicherheitsventil geschaffen ist.

Die Untersuchung der Legierungsringe, welche 3 bis 6 Monate in dem Apparate den wechselnden Einflüssen der Temperatur ausgesetzt waren, ergab, daß dieselben bei genau dem ursprünglich festgesetzten Schmelzpunkt niedergingen.

Wie vorerwähnt reicht das unterste Ende des Innenrohres mit der darin befindlichen Schmelzbüchse bis in die Nähe der höchsten feuerberührten Teile des Kessels und wird also beim Schmelzen der Legierung ein Signal bewirkt werden, wie oben.

Bei der hohen Wichtigkeit dieser Kontrolle muß von jedem Sachverständigen ein ganz besonderer Vorzug dieser neuen Einrichtung zugestanden werden. Direkte Versuche haben ergeben, daß bei entsprechender Annäherung bereits ein auf 300° erhitzes Blech durch seine strahlende Wärme ein sofortiges Schmelzen des 8 Atm. (175,7° C.) normierten Legierungsringes bewirkte.

Endlich dürfte eine von Vielen bestrittene, von Anderen anerkannte Quelle der Gefahr: der „Siedeverzug", mittelst dieser Vorrichtung ohne Weiteres der Kontrolle unterworfen sein, indem auch in diesem Falle ein sofortiges Schmelzen des unteren Legierungsringes eintreten und die drohende Gefahr rechtzeitig signalisieren würde.

Die Bedienung des Apparates ist eine sehr einfache. Derselbe wird in der zu Anfang angegebenen Weise auf dem Kessel montiert und in die elektrische Leitung eingeschaltet. Mit der letzteren ist ein Läutewerk im Kesselhause und eines im Betriebsbureau verbunden. Werden mehrere Kessel in dieselbe Leitung eingefügt, so empfiehlt sich die Anbringung eines Tableaus mit der gleichen Anzahl Klappen; giebt einer der so kontrollierten Kessel das Läutesignal, so schlägt die mit der bezüglichen Nummer versehene Klappe am Tableau nieder und weist so die Betriebsleitung an, wo die Ursache einer etwa drohenden Gefahr zu suchen ist. Wenn durch das Niederschmelzen eines Ringes ein Signal gegeben ist, so wird einfach zunächst die Ursache der Störung (Wassermangel, Überhitzung u. s. w.) zu beseitigen sein. Hierauf schaltet man durch Löten der beiden Klemmschräubchen die Leitungsdrähte aus, zieht den Einsatz aus dem Innenrohr heraus, gießt das geschmolzene Metall aus der betr. Buchse aus, setzt einen neuen Legierungsring ein und schiebt den Einsatz wieder in das Rohr hinein. Auf diese Weise ist der Apparat in Zeit von wenigen Minuten wieder in betriebsfähigem Zustande, ohne daß der Betrieb des Kessels auch nur im geringsten gestört worden wäre.

Die elektrische Leitung kann jederzeit leicht revidiert werden, indem man

an irgend einer Stelle durch Gegenhalten eines metallenen Gegenstandes (etwa eines Schlüssels) die beiden Drähte in Kontakt bringt.

Welche Vorzüge dieser Apparat vor den anderen in die Praxis eingeführten Sicherheitsvorrichtungen bietet, geht aus dem oben Gesagten klar hervor.

Selbstthätige Speisevorrichtungen.

Was für die Dampfmaschine die automatische Regulierung, ist auch für die Dampfkessel die automatische selbstthätige Speisung. In beiden Fällen erstrebt man einen Gleichförmigkeitsgrad; die selbstthätige Regulierung der Dampfmaschine ist auf Erhaltung einer gleichförmigen Tourenzahl, die selbstthätige Kesselspeisung auf Erhaltung eines gleichförmigen Wasserstandes gerichtet.

Da im allgemeinen die Dampfentnahme kontinuierlich ist, so muß auch die Speisung kontinuierlich resp. stets dem Bedarf entsprechend sein.

Die selbstthätigen Speisevorrichtungen sind als eine Vervollkommnung der kontinuierlichen Speisevorrichtungen,*) sowie letztere als eine Vervollkommnung der diskontinuierlichen zu betrachten.

Schon wenn die Speisung des Kessels nicht selbstthätig ist, sondern nur kontinuierlich, wird für die ökonomische Ausnutzung des Brennmaterials viel gewonnen. Infolge der diskontinuierlichen Speisung mittelst Speisepumpe und Injekteur, wie solche bisher noch bei der größten Anzahl von Kesseln im Gebrauch ist, wird periodisch die Temperatur des Wassers erniedrigt. Damit nun der Dampfdruck infolge der jetzt weniger rapiden Dampfentwickelung nicht zu schnell falle, ist der Heizer genötigt, stärker zu feuern, was in den allermeisten Fällen mit reichlicher Rauch- und Rußbildung verknüpft ist. Ist dagegen die Speisung kontinuierlich, d. h. so eingerichtet, daß durchschnittlich in kurzen Zeiträumen stets soviel Wasser in den Kessel geschafft wird, als derselbe verdampft, so kann der Heizer gleichmäßig feuern und durch geeignete Beschickung des Rostes die den Umständen nach vollkommenste Ausnutzung des Brennmaterials erzielen. Ist nun im Weiteren die Speisung der Kessel aber nicht nur eine kontinuierliche, sondern auch selbstthätig, eine ohne Mithülfe des Heizers auf Erhaltung des Normalwasserstandes gerichtet, so tritt ein anderer, noch weit bedeutenderer Vorteil hinzu, es ist die größere Sicherheit gegen Explosionsgefahr. Es ist ja bekannt, daß den meisten Kesselexplosionen Wassermangel zu Grunde liegt. Durch die Befreiung der Kesselwartung von der oft sehr zweifelhaften Aufmerksamkeit des Heizers durch automatisch arbeitende Kesselspeiseapparate erhöht man die Sicherheit des Kesselbetriebs. Freilich muß man dann aber auch an die Wirkung der selbstthätigen Kesselspeiseapparate die Anforderung größerer Zuverlässigkeit stellen.

Es ist dies gerade der Punkt, der noch viele Kesselbesitzer von der Anschaffung selbstthätiger Kesselspeiseapparate abhält. Man kann ihnen auch nicht ganz Unrecht geben, wenn sie behaupten, daß durch eine unzuverlässige selbstthätige Kesselspeisung mehr Gefahr für den Kesselbetrieb entstehen kann, als durch eine diskontinuierliche Speisung, welche vom Heizer nach Maßgabe des Wasserstandes veranlaßt wird. Die Aufmerksamkeit des Heizers werde dadurch eingeschläfert und eine Gefahr eher herbeigeführt als beseitigt. Eine absolute Zuverlässigkeit ist freilich ein Ideal, das wir nie erreichen werden.

*) Kontinuierliche Speisevorrichtungen oder auch Speiseregulierapparate genannt, siehe „Vollständige Dampfkessel-Anlagen". I. Band. II. Auflage. Seite 323 und 624.

Wenn die selbstthätigen Speiseapparate aber nur im Mittel so zuverlässig sind, daß durch ihre allgemeine Anwendung nicht mehr Störungen und Unglücksfälle entstehen würden, als solche bei den diskontinuierlichen Speisungen durch den Heizer zur Zeit eintreten, so wäre ihre Anwendung schon zu empfehlen. Es ist zu beachten, daß die unzuverlässige Wirkung eines Speiseapparates nur eine einzige Folge hat. Es nähert sich der Wasserstand im Kessel der niedrigst erlaubten Grenze. Die damit verbundene Gefahr wird rechtzeitig erkannt, wenn man die Speiseapparate mit Alarmvorrichtungen (Speiserufer von Black oder Krupp u. s. w.) versieht, die in Thätigkeit treten, sobald die Minimalgrenze des Wasserstandes erreicht ist. Im Prinzip scheint also somit kein Grund zu bestehen, sich gegen die Ausbildung und Anwendung von selbstthätigen Speiseapparaten ablehnend zu verhalten, und wollen wir daher einige von den vielen patentierten Konstruktionen, welche schon bereits mit gutem Erfolge in die Praxis eingeführt worden sind, im nachstehenden näher beschreiben. Ein schon seit einigen Jahren ziemlich verbreiteter und sehr bewährter Apparat dieser Art ist jedoch der von Cohnfeld, von welchem sich eine Illustration im „Handbuch über vollständige Dampfkessel-Anlagen“, I. Bd. Seite 321 befindet.

Selbstthätiger Kesselspeise- und Wasserhebeapparat, genannt Hydrotroph. (D. R. P.) Ritter & Moyhew, Altona.

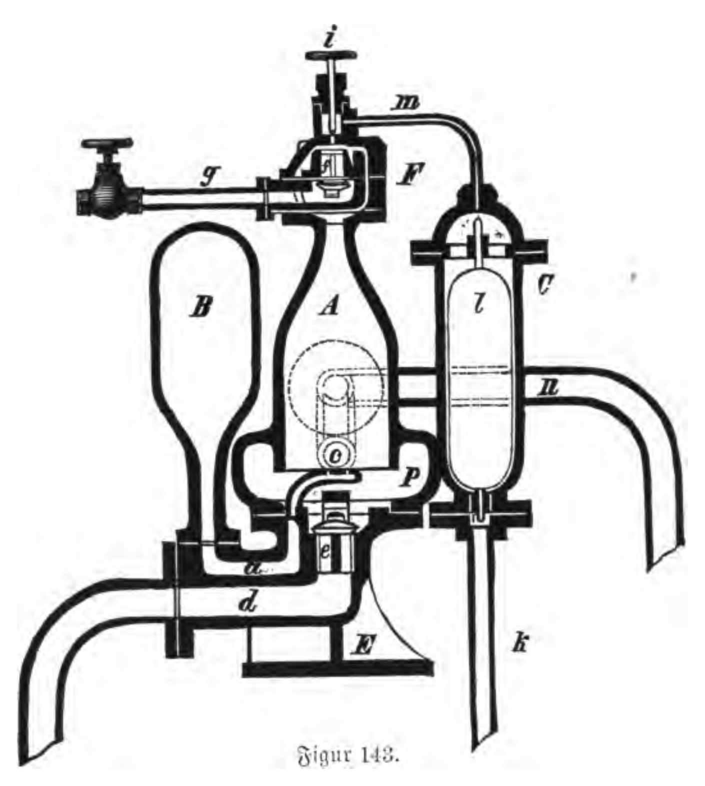
Figuren 143 und 144.

Die Flasche A ist mit dem Windkessel B durch einen engen, stets offenen Kanal a verbunden; dieser Kanal endet im Innern der Flasche in eine am höchsten Punkt durchlöcherte, im Übrigen am Ende verschlossene Röhre. Ferner schließt an die Flasche das Saugrohr d, und schließt sich gegen dieselbe durch das Ventil e ab; c endlich ist die Drucköffnung mit einem gewöhnlichen Rücklaufventil versehen, n ist das Speiserohr. Auf der Flasche befindet sich der Ventilaufsatz F mit dem kleinen Ventil f, daß sich nach unten öffnet. Das Dampfrohr g schließt unterhalb des Ventils, das sehr kleine Dampfrohr m oberhalb desselben an, und ist der Dampfzutritt durch m durch die Stellschraube i regulierbar; m kann mit g verbunden sein, wenn es sich nur um einen Wasserhebeapparat handelt.

Sind die Dampfzugänge g und m offen, und nehmen wir an, die Flasche sei mit Wasser gefüllt, sodaß also vorher ein Ansaugen stattgefunden hat, so ist f noch geschlossen. Es tritt aber durch m ein sehr klein gestellter Dampfstrom hinzu und entlastet das Ventil f, sodaß sich dieses öffnet. Nun tritt Dampf durch g in die Flasche, und stellt das Gleichgewicht mit dem Druck im Dampfkessel und in der Flasche her, sodaß das Wasser vermöge seines Gewichts in den Dampfkessel fällt, zu einem geringen Teil aber auch in den Windkessel B gedrängt wird.

Beim Sinken des Wassers in der Flasche findet der Dampf alsbald eine größere Berührungsfläche mit dem Wasser, die sich unten bei p angekommen, plötzlich vervielfacht, wodurch eine Verdünnung des Dampfes, der ohnedies sehr knapp gestellt war, eintritt, die ein Schließen des Rücklaufsventils und des Ventils f zur Folge hat. Gleichzeitig wird das in B hinübergetriebene Wasser wieder in A zurückgetrieben und vollendet daselbst die Kondensation des Dampfes, sodaß nun ein energisches Ansaugen beginnt, und sich die Flasche

durch *d* und *e* füllt. Ist das Wasser oben angekommen, so beginnt das Spiel wie oben beschrieben von neuem, und somit entspricht der Apparat schon dem Zweck als gewöhnlicher Wasserhebeapparat, sowie auch als Kesselspeiseapparat, indem man *i* so stellt, daß der Apparat die erforderliche Anzahl Schläge macht, um den durchschnittlichen Wasserbedarf zu decken.



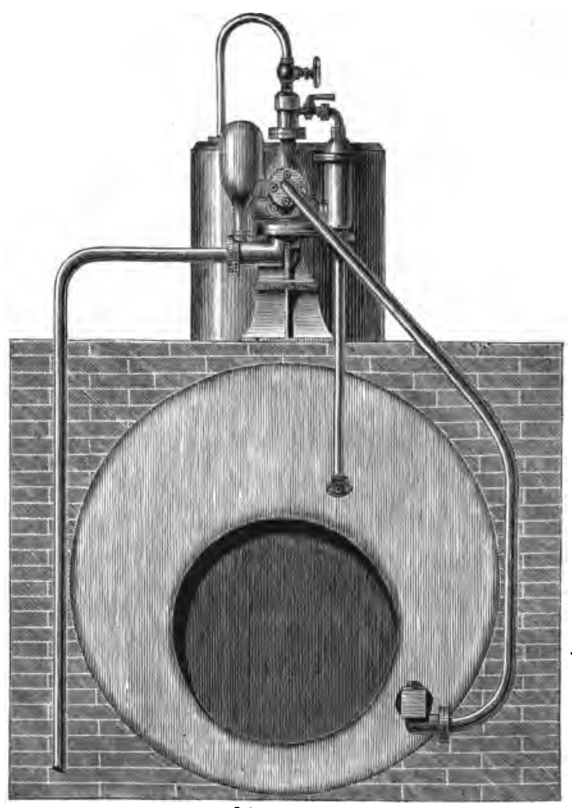
Figur 143.

Man hat dies so vollständig in der Macht, daß man einen Apparat, der bestimmt ist, 16 Schläge in der Minute zu machen, auch so stellen kann, daß er nur einen Schlag in mehreren Minuten ausführt.

Soll der Hydrotroph als selbstthätiger Kesselspeiseapparat funktionieren, so kommt der Schwimmapparat *C* hinzu, und ist dann das Rohr *m* an diesen geschlossen, während das Rohr *k* den Schwimmapparat mit dem Kessel verbindet, und irgendwo in der Höhe des verlangten Wasserstandes anschließt. Hat der Wasserstand die entsprechende Höhe, so tritt Wasser durch das Rohr *k* unter den Schwimmer *l*, hebt diesen, und ein am oberen Teil von *l* befindlicher konischer Stift verschließt den Zugang zu *m* und da somit die vorausgesetzte zeitweilige Entlastung des Ventils *f* nicht mehr stattfinden kann, so ist der Apparat außer Thätigkeit.

Sinkt dagegen der Wasserstand, so fällt das Wasser aus *C* zurück in den Dampfkessel und es tritt Dampf in *C*. Der Schwimmer fällt und der Zugang des Dampfes zu dem Ventil *f* wird frei und der Apparat nimmt seine Funktion wieder auf. Es bleibt sich dabei gleich, ob der durch *k* eintretende Dampf etwas wasserhaltig oder trocken ist.

Das Ansaugen des Wassers ist ein so sicheres und energisches, daß man da, wo dem Hydrotroph das Wasser zufließt, gezwungen ist, das Ansaugen durch Verengung der Saugöffnung zu behindern. Anderseits funktioniert der Hydrotroph als Kesselspeiseapparat noch, wenn der Dampfdruck schon unter Null herabgegangen ist.


Figur 144.

Es sei hier noch zu erwähnen, daß in der Figur 143 die Lage des Saugventils nur der einfacheren Erklärung halber mitten unter die Flasche angegeben ist. In Wirklichkeit ist dasselbe so angeordnet, daß es wie bei guten Pumpen jederzeit herausgenommen und untersucht werden kann. Auch sind die Anschlüsse für Saug- und Druckventil gleich, so daß man dieselben verwechseln kann.

Endlich sei noch erwähnt, daß eine Pfeife anzeigt, wenn der Apparat in Unordnung oder der Wasserstand die Minimalgrenze erreicht hat. Die oben ausdrücklich für notwendig erachtete Alarmvorrichtung ist hier also vorhanden.

Kombinierter Selbstspeiser und Verdampfungsmesser mit Speiserufer. (D. R. P.) Langensiepen, Buckau-Magdeburg.

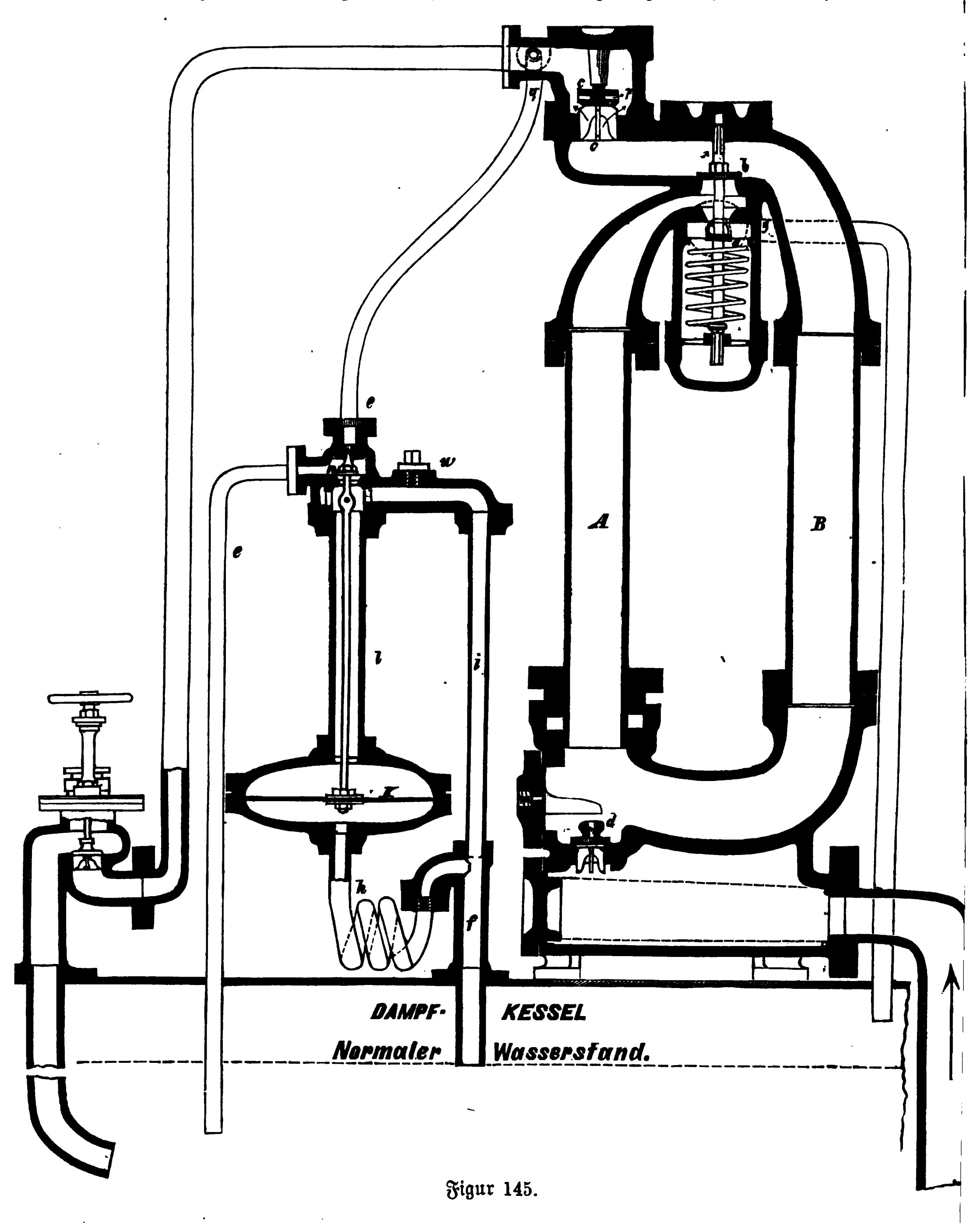
Figuren 145 bis 148.

1) Selbstspeiser.

Der Apparat funktioniert in der Weise, daß er abwechselnd ein bestimmtes Quantum Wasser aufnimmt und in den Kessel drückt. Die Abgabe des Wasserquantums an den Kessel erfolgt durch Eintritt von Dampf, welcher auf das Wasser drückt; die neue Füllung des Apparates wird durch die Kondensation des Dampfes bewirkt.

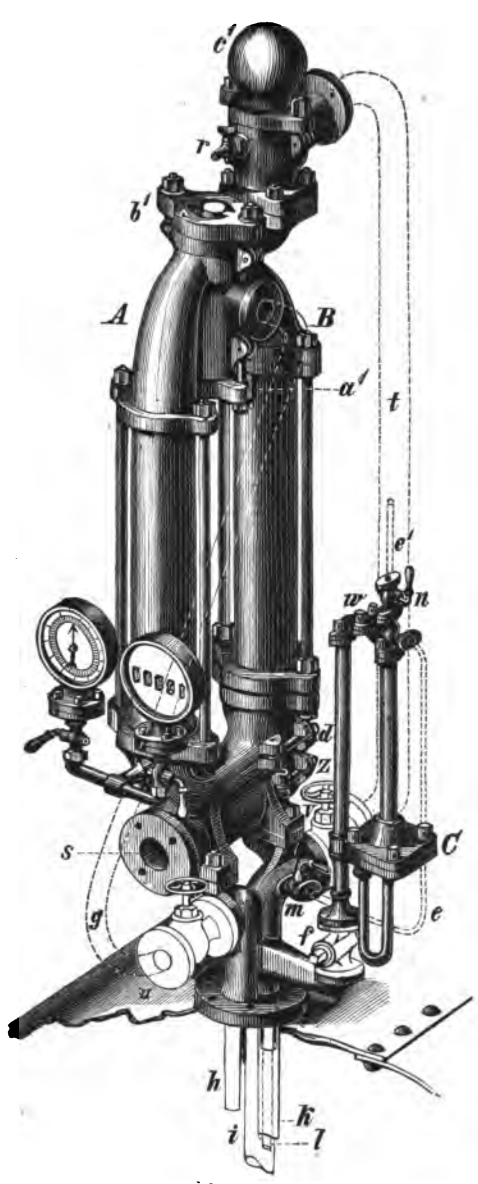
Der Selbstspeiser besteht aus zwei miteinander oben und unten verbundenen Kammern *A* und *B*, deren obere Verbindung durch ein Ventil *b*

so lange geschlossen gehalten wird, wie das mit diesem Ventile kombinierte Dampfzulaßventil *a* geöffnet ist. Der Dampf gelangt durch *a* demnach nur

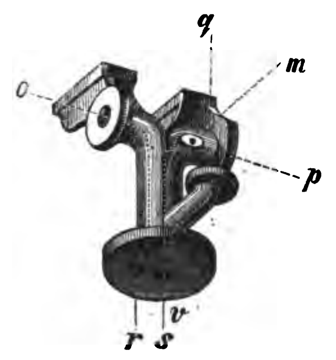


Figur 145.

in die Kammer *A*, in welcher er, da der Apparat höher als der Kessel steht, auf ein höher gelegenes Wasserniveau drückt, als im Kessel selbst. Es vollzieht sich mithin ein Niveauausgleich, indem das Wasser aus *A* durch *B*, Rückschlagventil *c* und das Speiserohr (wie durch einen Heber) nach dem Kessel abläuft. Sobald hierbei die Kammer *A* leergelaufen ist, findet, wie nachstehend beschrieben, durch den Dampfdruck plötzlich ein Öffnen des Ventils *b* und damit Abschluß des Dampfventils *a* statt. Diese Wirkung des Dampfdrucks auf das Ventil *b* erklärt sich wie folgt. Bei beginn der Speisung, als beide Kammern noch mit Wasser gefüllt waren, erhielt das



Figur 146.



Figur 147.

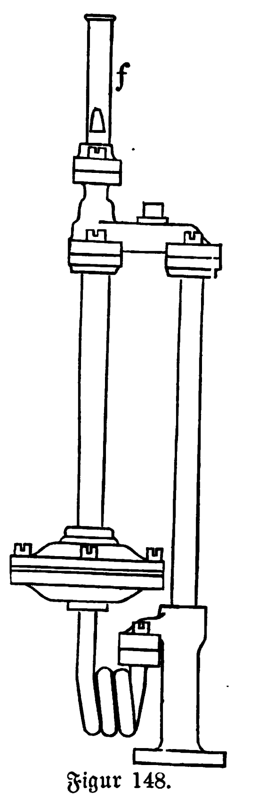
Ventil *b* von unten und oben den vollen Dampfdruck, weil sich dieser durch das Wasser der beiden Kammern ungeschwächt fortpflanzen konnte. Am Ende der Speisung dagegen kann sich der Dampfdruck nicht mehr in vollem Maße von oben auf das Ventil äußern, indem ein Teil des Druckes durch die entgegenwirkende Wassersäule in *B* aufgehoben wird. Es findet also jetzt von unten aus der Kammer *A* ein Überdruck auf das Ventil *b* statt, welchem die hierfür entsprechend normierte Belastung nicht gewachsen ist, sodaß die Öffnung des Ventils und damit der Schluß des Dampfventils *a* erfolgt. Beide Kammern sind nun auch oben miteinander verbunden; das Wasser aus *B* stürzt nach *A* zurück und er-

zeugt eine kräftige Kondensation, welche das Vollsaugen des Apparates durch Ventil *d* herbeiführt. Durch eine vom Wasserraume des Kessels nach dem Apparate bei *q* führende enge Rohrleitung (Druckübertragungsleitung) teilt sich nunmehr unter Vermittelung der Öffnung *p* im Rückschlagventil *c* der Kesseldruck dem Apparate wieder mit, worauf das vom Dampf bisher zugehaltene Ventil *a* sich zur nächsten Speisung wieder öffnet.

In der vorbeschriebenen Einrichtung arbeitet somit der Selbstspeiser ohne aufzuhören, wie jede gewöhnliche Speisepumpe.

Um die Funktion des Apparates vom Wasserstande im Kessel abhängig zu machen, ist in die Druckübertragungsleitung der Regulator mit seinem Ventilchen *n* eingeschaltet, welches die Druckübertragung auf den Apparat und also das Weiterarbeiten desselben nur bei Wasserbedarf im Kessel in den vorgeschriebenen Grenzen zuläßt. Das Ventil *n* wird bewegt durch eine Gummimembran *K*, welche durch zwei Rohre *l* und *h* an ein zum Normalwasserstande führendes Rohr *i f* angeschlossen ist.

Bei Wasserbedarf füllt sich demnach *i f* mit Dampf, das Wasser in dem Rohre *l h* bleibt, die Membran gegen Erhitzung schützend, zurück und bewirkt durch sein Gewicht Senkung der Membran und Öffnung des Ventils *n*. Sobald der Wasserstand im Kessel wieder steigt und also die Speisung wieder aufhören soll, tritt Wasser in das Rohr *i f*, wodurch das Ventil *n* geschlossen wird.



Figur 148.

2) Verdampfungsmesser.

Der Selbstspeiser hält das Niveau immer auf der richtigen Höhe. Ein angebrachtes Zählwerk (siehe Figur 145) springt bei jedem Hubwechsel um eine Zahl weiter und gestattet das Ablesen des in den Kessel geförderten Wasserquantums. Das Zählwerk wird angetrieben durch die Bewegung einer schwachen Manometerfeder, welche bei jedem Wechsel der Druck- und Kondensationsperiode eine Auf- und Abwärtsbewegung macht. Das neben dem Zählwerk angebrachte Vakuummeter dient dazu, den richtigen Gang jederzeit beobachten zu können.

3) Speiseruser. Figur 148.

Der vorstehend beschriebene Regulator, welcher die Leitung für die Druckausgleichung öffnet und schließt, kann für sich auch als Speiseruser gebraucht werden. Das Eintauchrohr *f* führt man dann bis auf den niedrigsten Wasserstand und über die Öffnung des Ventils *n* bringt man eine Pfeife *f*. Bei Wassermangel, also wenn die Membran sinkt, öffnet sich das Ventilchen *n* und der Dampf strömt in die Pfeife, sodaß das Signal ertönt.

Tabelle LXIII.

Leistung, Dimensionen und Preise.

Größen-Bezeichnung	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kesselgröße in Pferdekraft	10	18	35	55	90	175
Leistung in Litern pro Minute	6	12	20	30	50	90
Dampfrohr*) lichter Durchm. Millimet.	16	20	23	25	33	38
Dampfrohr*) Flansch- " "	80	90	90	90	110	125
Speiserohr*) lichter Durchm. "	25—33	33—38	38—44	38—50	50—65	65—75
Speiserohr*) Flansch- " "	95	110	118	118	150	180
Saugrohr*) lichter Durchm. "	25—33	33—38	38—44	38—50	50—65	65—75
Saugrohr*) Flansch- " "	110	125	140	150	180	195
Universalstutzen Flansch-Durchm. "	270	286	300	308	350	380
Universalstutzen Durchmesser d. Öffnung im Kessel Millimeter	80	90	100	100	120	135

Unter Fortlassung des Regulators dient der Apparat als gewöhnliche Dampfpumpe und bietet als solche anderen Speisepumpen gegenüber den Vorteil, daß der zum Betriebe aufgewandte Dampf dem Kessel wieder zugeführt wird. Die An- und Abstellung wird durch einen vom Heizerstande leicht erreichbaren kleinen Hahn bewirkt.

Ausführung und Vertrieb hat die Fabrik von Schäffer & Budenberg, Buckau-Magdeburg, übernommen.

Selbstthätig wirkende Kesselspeisepumpe von Chiazzari de Torres, Turin.

Alleinfabrikation durch die Patentinhaber Henschel & Sohn in Kassel.

Figuren 149 bis 154.

Die Pumpe, welche durch die Figuren 149 bis 154 dargestellt ist, soll ohne Unterbrechung arbeiten. Es besteht dieselbe aus einem Pumpenkörper AA^I in dessen Innerem sich ein Kolben S bewegt, der durch eine dicke Stange G dergestalt geführt wird, daß sich auf der einen Seite ein viel größerer Raum als auf der andern bildet.

Der Pumpenkörper steht in Verbindung:

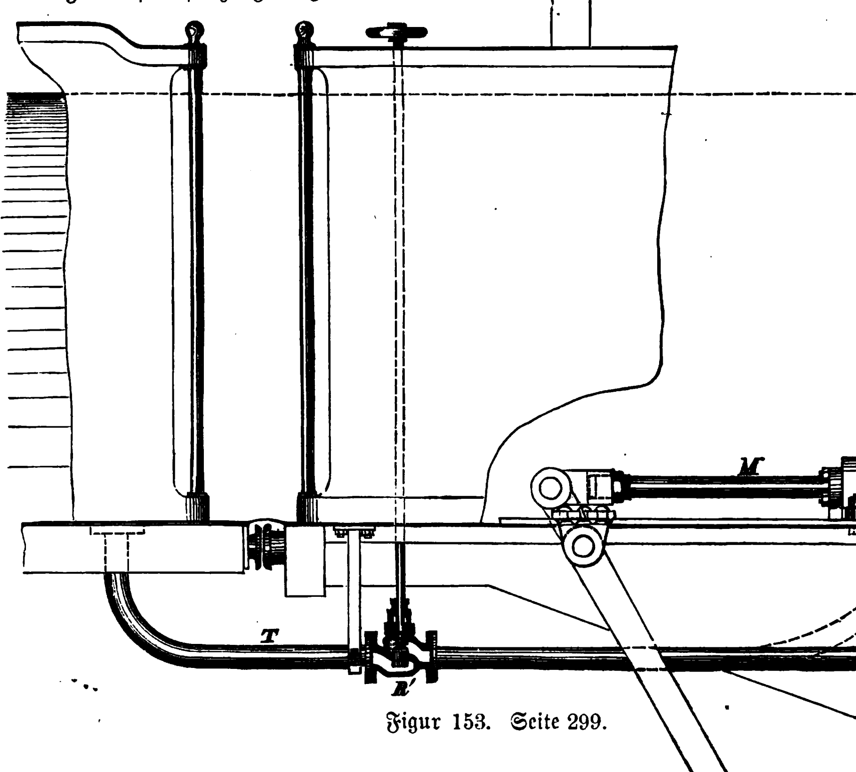
1) mit dem Wasserreservoir durch das Rohr T und das Kugelventil t.
2) mit dem Kessel durch das Rohr C und das Kugelventil c.
3) mit dem Zylinderablaßrohr mittelst der Leitung V und des Kondensators B, welcher sich bis zum Kugelventil b erstreckt.

Die beiden Abteilungen kommunizieren außerdem die eine mit der andern mittelst der zweiteiligen Leitung D, die mit Kugelventil d versehen ist, und dem Kondensator B.

In seinem Laufe nach vorn von A nach A^I läßt der Kolben eine Leere

*) Die angegebenen Weiten der Rohrleitungen sind als Minimalmaße zu betrachten: Verengungen in denselben, sowie in den etwa eingeschalteten Ventilen können die Leistung beeinträchtigen. Die größeren Lichtweiten der Saugrohre gelten für diejenigen Fälle, wo man über 3 Meter hoch oder 10 Meter weit zu saugen, oder aber mit heißem Wasser zu thun hat.

hinter sich, welche der atmosphärische Druck mit Wasser aus dem Reservoir füllt, indem das Ventil *d* geschlossen und das andere *c* geöffnet wird. In seinem Laufe nach hinten von *A'* nach *A* treibt der Kolben, nachdem das Ventil *d* geöffnet und das andere *c* geschlossen ist, das Wasser der kleinen Abteilung so, daß es nach dem Kondensator *B* die kleinen Löcher der Platte *P* passieren muß, um von da, indem es das Ventil *b* hebt, in die große Abteilung der Pumpe zu gelangen. Aber da das

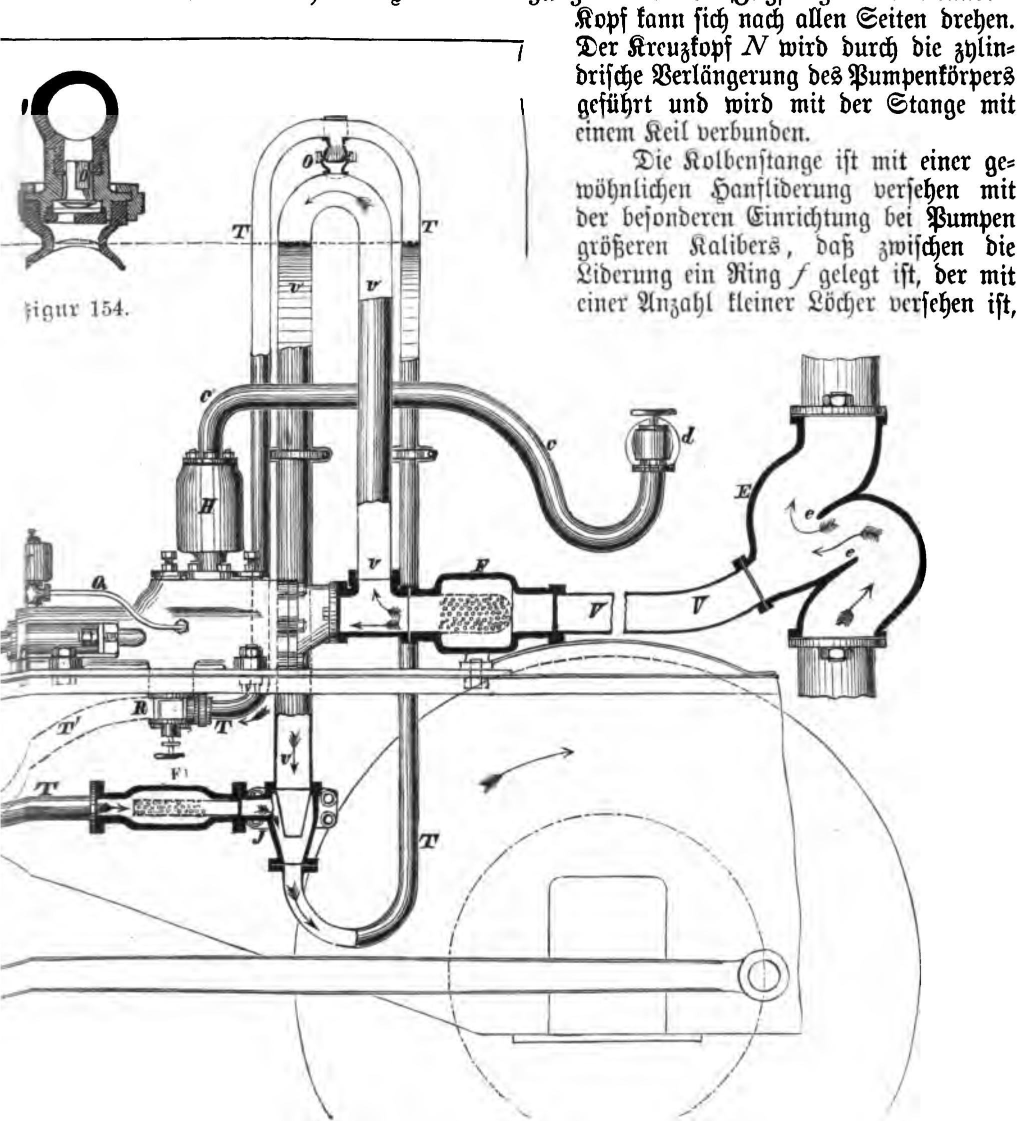


Figur 153. Seite 299.

Wasser nicht genügt sie gänzlich zu füllen, so wird sich ein leerer Raum in dem Innern der besagten Abteilung bilden und den Abgangsdampf anziehen, welcher mit dem Wasser, das durch die Platte *P* hindurchströmt, in Berührung kommt, kondensiert und mit demselben in die große Abteilung hinströmt. Während des Kolbenlaufs nach vorn wird, sobald das Ventil *C* sich öffnet und die Ventile *d* und *b* sich schließen, das heiße Wasser sich in den Kessel ergießen, vermittelst des Luftkessels *H*, während die auf der andern Seite sich bildende Leere sich mit frischem Wasser füllt, welches auf seinem Wege nach hinten sich in der Folge erneuert und so weiter. Der Regulator *R* hat mit seinem Ventil *r* den Zweck, je nach Bedarf den Querschnitt des Rohres *T* zu verringern und dadurch die Fassungsfähigkeit der Pumpe. Der Hahn *R* funktioniert als Reserveregulator. Um den Dampf von dem Ablaßrohr in die Leitung *V* zu leiten, muß man an dieses Rohr das Verbindungsstück *E* einfügen, welches durch seine Form nicht allein hilft den Dampf anzusaugen, sondern auch das mit Dampf gemischte Wasser auf-

zunehmen, indem es seine Vorstoßgeschwindigkeit beim Punkte *e e* vermehrt. Der Kolben *S* wird durch die Zugstange *M* in Bewegung gesetzt, der man mit einer Reihe von Hebeln Bewegung erteilt. Die Zugstange *M* mit rundem Kopf kann sich nach allen Seiten drehen. Der Kreuzkopf *N* wird durch die zylindrische Verlängerung des Pumpenkörpers geführt und wird mit der Stange mit einem Keil verbunden.

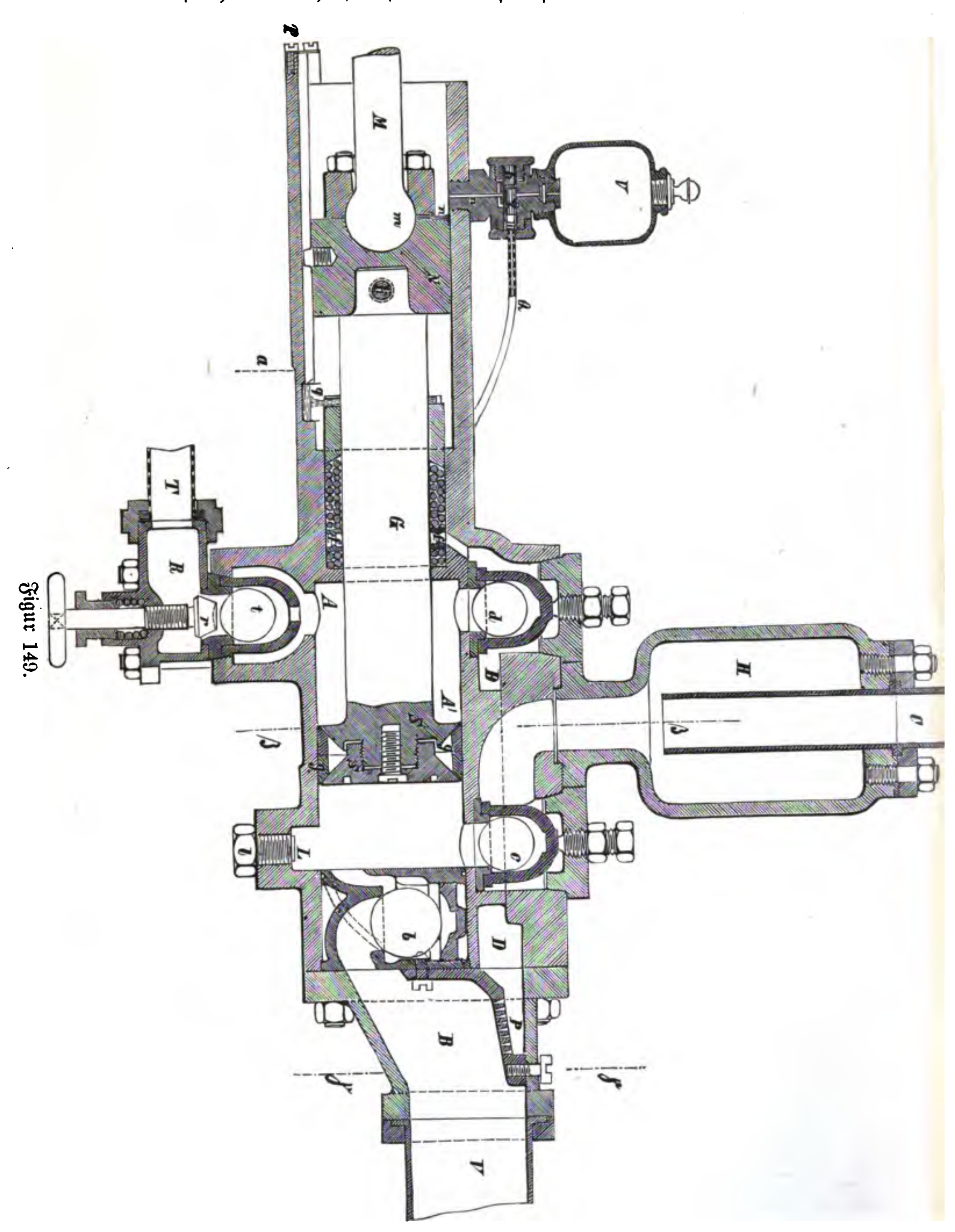
Die Kolbenstange ist mit einer gewöhnlichen Hanfliderung versehen mit der besonderen Einrichtung bei Pumpen größeren Kalibers, daß zwischen die Liderung ein Ring *f* gelegt ist, der mit einer Anzahl kleiner Löcher versehen ist,



Figur 154.

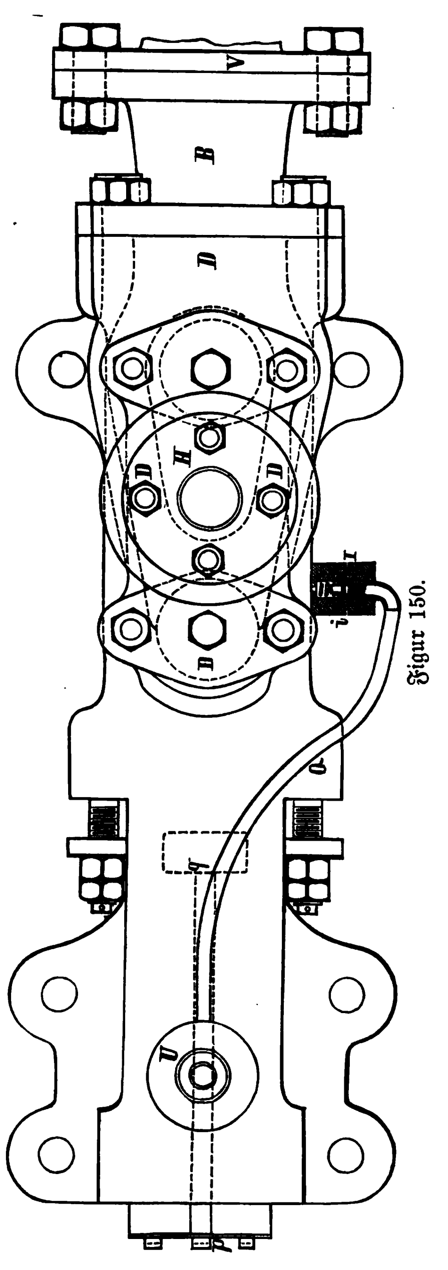
die mit dem fortwährend mit Wasser gefüllten Ventilraum *d* kommunizieren; derselbe dient für den Fall, daß wenn die Dichtung nicht genügend abschließt, die durch die Pumpe erzeugte Leere fortwährend Wasser anstatt Luft ansaugt. Der Kolben *S* kann nach Art der schwedischen Kolben konstruiert sein. Ein einziges Schmiergefäß *U* genügt, um den Kopf *M*, den Kreuzkopf, die Gleitführungen und die Kolbenstange zuschmieren. Die beiden Filter, das eine bei *F* für das Wasser, und das andere *F'* für den Dampf, verhindern, daß

Verunreinigungen in das Innere der Pumpe gelangen; dieselben fallen in die Kammer L und können leicht durch Öffnen der Schraube l entfernt werden.
Es sei hier erwähnt, daß bei den Pumpen kleinern Kalibers die Kolben=



Figur 149.

stange nur in der Stopfbüchse geführt wird, und daß dann die Stange M mittelst Gabel und Bolzen mit der Kolbenstange verbunden ist. Auch haben sich die Dampf- und Wasserfilter F und F^I bei den bis jetzt seit längerer Zeit in Thätigkeit befindlichen Pumpen als überflüssig erwiesen, da sich nur sehr wenig Verunreinigung absetzt. Es genügt, wenn dieselbe mittelst der Schraube l von Zeit zu Zeit abgelassen wird.



Figur 150.

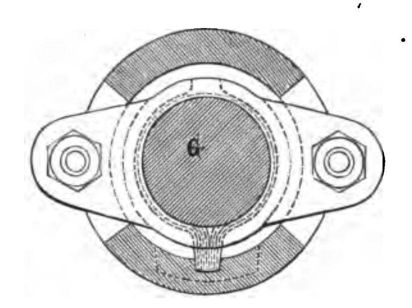
Der Gang der Pumpe ist ein sehr ruhiger ohne das geringste Schlagen der Ventile bei sehr hohem Dampfdruck (12 Atm.), was darin seinen Grund hat, daß die Ventilräume nie ganz mit Wasser gefüllt sind. Das Wasser gelangt in den Kessel mit einem Wärmegrad bis zu 98° C.

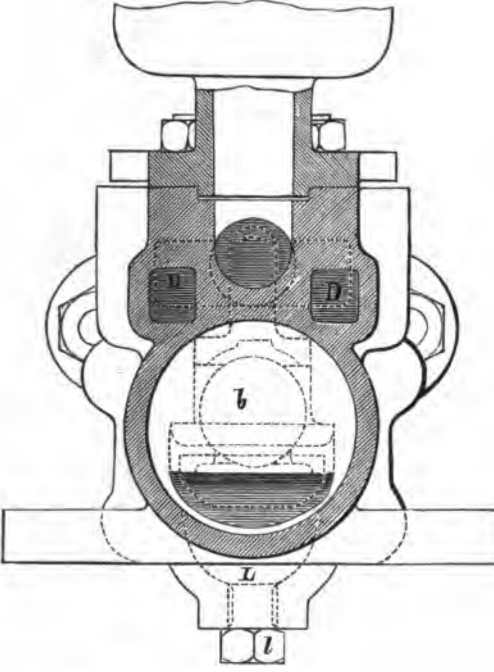
Die eben beschriebene Pumpe arbeitet, indem sie das kalte Wasser direkt aus der Zisterne saugt, und genügt dieselbe für alle stationären Maschinenanlagen.

Bei den Lokomotiven ist es jedoch wünschenswert, daß die Pumpe außer Thätigkeit gesetzt wird, wenn man den Regulator schließt, da in gegenteiligen Fällen kaltes Wasser in den Kessel gelangt. Es wird dieses durch folgende Einrichtung erzielt. Das Ansaugrohr T, anstatt sich direkt mit dem Regulator R zu vereinigen, ergießt das Wasser in den Injektor J, von wo das Rohr sich in Form eines doppelten Hebers abzweigt, um sich an den Regulator R mit seiner niedergehenden Abzweigung anzuschließen. Ein anderes Rohr V, ein einfacher Heber, schließt sich an den Injektor an, und durch dieses Rohr strömt der abgehende Dampf, der aus der Hauptleitung V kommt, in die Flüssigkeit, vermittelst eines gewöhnlichen Konus. Die Röhren T und V kommunizieren in der oberen Partie des Hebers vermittelst eines Verbindungsstückes O, daß in seiner Mitte mit einem konischen Ventil versehen ist, welches sich von oben nach unten öffnet. (Figur 154, S. 296 und 297).

Bei dieser Einrichtung setzt sich, sobald die Maschine in Ruhe ist, das

Wasser des Tenders mit demjenigen in den Röhren *T* (aufsteigende Abzweigung) und *V* (absteigende Abzweigung) ins Gleichgewicht; aber sobald der Regulator geöffnet ist, tritt der Abgangsdampf mit Heftigkeit in das Rohr *V* und das Ventil *O* schließt sich. Die sodann durch den Pumpenkolben gebildete Leere bewirkt Ansaugung in der niedergehenden Abzweigung *T* und der atmosphärische Druck drückt das Wasser in den Pumpenkörper.





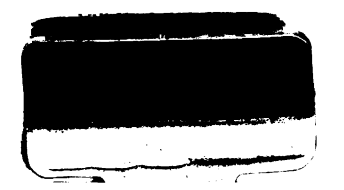
Figuren 151 und 152.

Jedesmal, wenn Dampf in dem Rohr *V* steht, wird die Pumpe ohne Unterbrechung arbeiten, aber wenn der Regulator geschlossen wird, so enthält das Rohr nichts weiter als Luft und das Ventil *O* öffnet sich, durch sein Eigengewicht herabgezogen; sodann saugt die kleine Abteilung der Pumpe nur Luft durch das Ablaßrohr und die Pumpe arbeitet leer. Dieser Rohrapparat wird zweckmäßig nach hinten unter das Schutzdach der Lokomotive verlegt, es kann dann auch anstatt des Ventils *O* ein Hahn mit Wirbel zu Händen des Lokomotivführers angebracht werden, um eventuell bei Thalfahrt speisen zu können, wo der Regulator geschlossen ist. — Bei Anwendung dieser Pumpen soll auf die alten Injektoren nicht verzichtet werden; es soll ein solcher auch ferner als Reservespeisevorrichtung beim Stillstande der Maschine dienen.

Druck von Emil Stephan, Plagwitz-Leipzig.



...nde Ab=
absteigende
s Gleich=
ld der Re=




89081524233
B89081524233A